

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Frewein)

und der Veterinär-Chirurgischen Klinik
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. P.F. Suter)

Arbeit unter der Leitung von
PD Dr. H. Geyer und Dr. Th. Stohler

**«Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss von oral
verabreichtem Biotin auf das Hufhorn beim Pferd»**

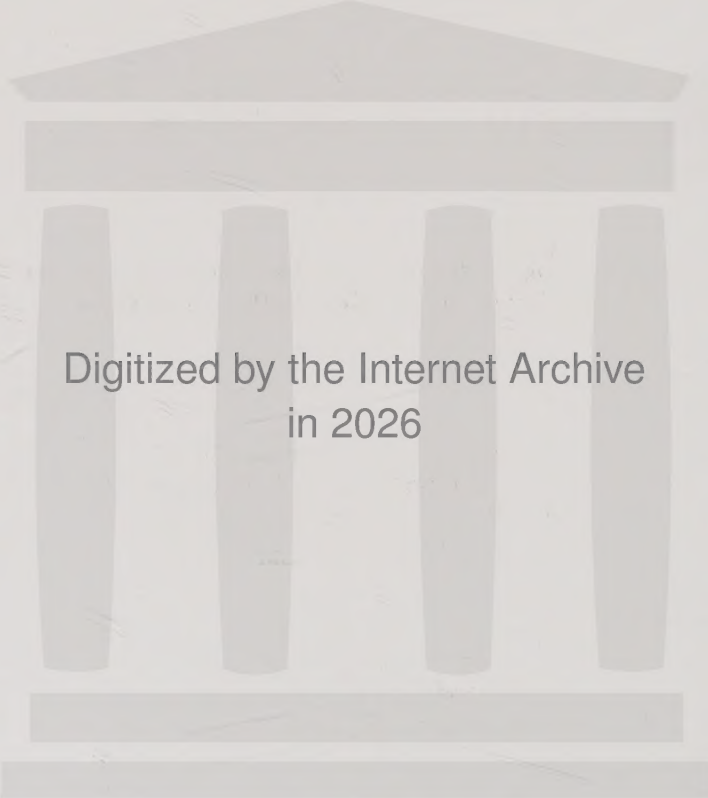
INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
URSULA LEU, Tierärztin
von Opfikon, Kanton Zürich

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. J. Frewein, Referent
Prof. Dr. A. Müller, Korreferent

Zürich 1987

Druck: F. Hoffmann-La Roche & Co. AG, Basel



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507201_0004

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Frewein)

und der Veterinär-Chirurgischen Klinik
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. P.F. Suter)

Arbeit unter der Leitung von
PD Dr. H. Geyer und Dr. Th. Stohler

**«Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss von oral
verabreichtem Biotin auf das Hufhorn beim Pferd»**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
URSULA LEU, Tierärztin
von Opfikon, Kanton Zürich

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. J. Frewein, Referent
Prof. Dr. A. Müller, Korreferent

Zürich 1987

Druck: F. Hoffmann-La Roche & Co. AG, Basel

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I.	EINLEITUNG	2
II.	MATERIAL und METHODEN	6
III.	BEFUNDE	10
	1. Biotinspiegel des Blutplasmas	10
	2. Wachstum der Hornwand	13
	3. Form und Grösse der Hufe und Huferneuerungszeit	15
	4. Hufstatus, makroskopisch-klinische Befunde	18
	5.- 6. Mikroskopischer Bau und Festigkeit von Hornproben: Entnahme der Hornproben	25
	5. Mikroskopische Befunde der Hornproben	27
	6. Festigkeit der Hornproben	34
IV.	DISKUSSION	40
V.	ZUSAMMENFASSUNG	57
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	58
VII.	TABELLEN 1-22, ABBILDUNGEN 1-47	
VIII.	DANKSAGUNG	
IX.	LEBENS LAUF	

I. EINLEITUNG

Hufschmieden und Tierärzten werden häufig Pferde mit Hufproblemen vorgestellt. Die Hufe solcher Tiere zeigen oft sprödes, bröckliges Horn mit starken Ausbrüchen am Tragrand. Risse in der Hornwand sowie Zusammenhangstrennungen im Bereich der weissen Linie sind ebenfalls häufige Veränderungen. Es wird auch über minderwertiges, bröckeliges oder schmieriges Horn im Sohlen- und Strahlenbereich berichtet. Gelegentlich wird auch über ein zu schlechtes Hornwachstum geklagt.

Die erwähnten Hufprobleme können die Pferde oft jahrelang begleiten. Die Veränderungen sind manchmal so schwerwiegend, dass die Pferde Monate nicht beschlagen und gebraucht werden können, was vor allem bei schweren Ausbrüchen im Tragrandbereich der Fall ist.

Wenn die Hufpflege und der Hufbeschlagnag sowie die Haltung der Pferde nach bestem Wissen und Gewissen ausgeführt bzw. gestaltet wurden, und die Hufprobleme trotzdem weiterbestehen, müssen neue Möglichkeiten zur Lösung der Probleme gesucht werden: Die ersten Berichte über eine Verbesserung der Hufhornbeschaffenheit beim Pferd durch hohe Gaben des Vitamins Biotin = Vitamin H stammen von COMBEN et al. (1984 a und b). In letzter Zeit berichteten auch HURTIENNE (1985) und WINTZER (1986) über eine Verbesserung des Hufhornes beim Pferd durch langzeitige Verabreichung von Biotin.

Biotin ist ein wasserlösliches Vitamin, das vor allem als Coenzym von Carboxylierungsreaktionen z.B. der Pyruvatcarboxylase und der Acetyl-CoA-carboxylase, wirkt (TAGWERKER, 1983). Daneben ist dieses Vitamin auch zur

Erhaltung einer gesunden, unversehrten Haut notwendig, weshalb es auch Vitamin H = Haut genannt wird (TAGWERKER, 1984). Doch ist der Wirkungsmechanismus von Biotin an der Haut bisher nicht bekannt.

In ersten Versuchen von CUNHA et al. (1946) und späteren Versuchen von GLAETTLI et al. (1975), GEYER et al. (1981), KOPINSKI et al. (1982) und GEYER et al. (1984) mit experimentell erzeugtem Biotinmangel wurde beim Schwein festgestellt, dass unter Biotinmangel Zerfallserscheinungen der Epidermis an Haut und Klauen auftreten. Damit konnte gezeigt werden, dass Biotin zur Erhaltung einer unversehrten Epidermis von Haut und Klauen notwendig ist.

Zur Prophylaxe und Therapie von Klauenveränderungen beim Schwein wurde Biotin von zahlreichen Autoren als Futterzusatz eingesetzt. In der Regel wurden bei den mit Biotin behandelten Schweinen weniger und geringgradigere Klauenveränderungen gefunden als bei den unbehandelten Kontrolltieren. Insbesondere waren die Zahl und der Schweregrad von Klauenrissen und Ballenveränderungen wie Ulcera bei den behandelten Tieren geringer als bei den Kontrolltieren (BROOKS et al., 1977; BROOKS und SIMMINS, 1980; TRIEBEL und LOBSIGER, 1979; PENNY et al., 1980; de JONG und SYTSEMA, 1983; BRYANT und KORNEGAY, 1985; siehe auch Literaturübersicht bei GEYER und TAGWERKER, 1986). Ferner beobachteten WEBB et al. (1984) bei Kompressionsversuchen an Klauenhorn vom Schwein, dass die Festigkeit der Seitenwand des Klauenschuhs nach Biotinapplikation (über die gesamte Mastdauer von 18 - 118 kg Körpergewicht) höher war als bei unbehandelten Schweinen. Dagegen war die Festigkeit des Hornes am Klauenrücken bei behandelten und unbehandelten Tieren etwa gleich.

Die mit schweren Tragrandausbrüchen einhergehenden chronischen Hufprobleme in einem vom Tierspital Zürich betreuten Bestand von 8 - 10 Pferden und die ermutigenden Resultate von COMBEN et al. (1984 a + b) gaben den Anstoss zu einem Versuch, in welchem vergleichend die Einflüsse einer Biotinbehandlung auf das Hufhorn sowie auf den Verlauf des Plasmabiotinspiegels erfasst werden sollten. Dank der Bereitschaft von Besitzer und Stallpersonal des erwähnten Betriebes (A), war es möglich, einen Versuch unter Praxisbedingungen durchzuführen und nebst den mit Biotin zu behandelnden Pferden auch unbehandelte Kontrolltiere in den Versuch einzubeziehen. Um die Einflüsse von Biotin an einer etwas grösseren Tierzahl zu überprüfen, konnten noch zwei weitere Betriebe (B und C) gefunden werden, die zu einem Behandlungsversuch unter Mitführung von unbehandelten Kontrolltieren bereit waren.

Durch den Versuch sollten vor allem folgende Fragestellungen bearbeitet oder geklärt werden:

1. Wie hoch ist der Plasmabiotinspiegel bei unbehandelten Pferden und wie verläuft er nach oraler Applikation von Biotin ? Mit monatlichen Bestimmungen des Plasmabiotinspiegels sollte auch stichprobenweise die richtige Durchführung der Biotinapplikation überprüft werden.
2. Wie gross ist das Wachstum der Hornwand der Hufe von behandelten und unbehandelten Pferden ?
3. Welche Parameter zu Form und Grösse der Hufe sind einfach zu messen und sind geeignet, um wichtige Veränderungen von Form und Grösse der Hufe zu objektivieren ? Wie lange dauert es - in Kenntnis der Länge und der Wachstumsrate der Hornwand - bis die Hornwand der Hufe ganz erneuert ist ?

4. Welchen Hufstatus, der klinisch vor allem durch Adspektion und Palpation sowie fotografisch erhoben und dokumentiert werden soll, zeigen die behandelten und die unbehandelten Pferde im Verlauf des Langzeitversuchs ?
5. Sind durch histologische Untersuchungen von wiederholt entnommenen Hornproben strukturelle Veränderungen des Horns festzustellen und werden diese durch eine Behandlung beeinflusst ?
6. Ist es möglich, eine geeignete physikalische Methode zu finden, mit der die Qualität von Hornproben so geprüft werden kann, dass allfällige Veränderungen der Hornqualität im Laufe des Versuches durch Messwerte konkret ausgedrückt werden können ?

II. MATERIAL und METHODEN

Das Untersuchungsgut bestand anfangs aus 19, später aus 18 Pferden. Die in Tabelle 1 aufgeführten Tiere standen in 3 Betrieben. Die Pferde "Barrik" und "Geisli" waren Hengste, alle übrigen Pferde waren Wallache. Die Fütterung und Haltung der Tiere ist in Tabelle 2 umschrieben. Die Tiere jedes Betriebes wurden in eine mit Biotin zu behandelnde Gruppe und in eine Gruppe von unbehandelten, im übrigen gleich gehaltenen Kontrolltieren, unterteilt. Die insgesamt behandelten 10 Pferde erhielten Biotin als Tabletten per os in einer Richtdosierung von 5 mg/100 - 150 kg Körpergewicht pro Tag (Tab. 2). Die schwach süsslich schmeckenden Tabletten wurden in ein Stück Apfel gesteckt und dann von den Pferden gut aufgenommen.

Bei der Gruppenzuteilung wurden vor allem der klinische Hufbefund und das Alter der Pferde berücksichtigt. Der Hufbefund und das Alter der Tiere sollte im Durchschnitt für die zu behandelnde und die unbehandelt bleibende Gruppe des jeweiligen Betriebes ähnlich sein. Wegen vorzeitigen Ausscheidens von Pferden infolge anderer Gliedmassenleiden unmittelbar vor oder kurz nach Versuchsbeginn, war die Ausgangslage des Hufbefundes der noch verbleibenden Kontrolltiere des Betriebes A im Durchschnitt besser als bei den behandelten Tieren.

Ausser den oben erwähnten Versuchstieren wurden 3 weitere Kleinpferde von 300 - 400 kg Körpergewicht zur Bestimmung des Verlaufs des Plasmabiotinspiegels vor und nach peroraler Biotingabe (Abb. 1), sowie 4 weitere Islandpferde zur Messung des Hornwachstums, verwendet.

Gemäss den in der Einleitung angeführten Fragestellungen wurden an den Versuchstieren folgende Merkmale untersucht:

1. Der Biotinspiegel des Blutplasmas
 - a) Ausgangswerte und Verlauf nach peroraler Biotingabe,
 - b) monatliche Kontrolle zur Ueberwachung der richtigen Applikation.
2. Das Wachstum der Hornwand an der Zehen- oder Vorderwand, sowie an der Seitenwand und Trachtenwand aller 4 Hufe. Hierzu wurden in monatlichen Abständen orientierende Messungen und in Abständen von 3 Monaten detaillierte Messungen vorgenommen (siehe S. 13).
3. Form und Grösse der Hufe durch Messungen bei Versuchsbeginn, danach in sechsmonatigen Abständen und bei Versuchsende.
4. Der Hufstatus durch Erhebung eines klinischen Befundes und durch fotografische Dokumentation. Die klinischen Befunde wurden vor allem durch Adspektion und Palpation erfasst und schriftlich in einem Erhebungsbogen festgehalten. Dabei wurden die Lokalisation und der Schweregrad von Veränderungen in vorgedruckte Hufskizzen eingetragen. Diese Erhebungen erfolgten bei Versuchsanfang und danach mindestens in dreimonatigen Abständen bis zum Versuchsende. Der Hufstatus wurde auch fotografisch am Versuchsanfang, danach in sechsmonatigen Abständen sowie am Versuchsende festgehalten, indem alle Hufe von lateral, dorsal, medial und palmar bzw. plantar aufgenommen wurden. Wichtige Befunde einzelner Hufe wurden auch zwischen diesen Terminen fotografiert.

5. und 6. Der mikroskopische Bau und die Festigkeit von Hornproben durch histologische Untersuchungen und Zerreissversuche. Hierzu wurden Proben aus definierten Stellen der Hornwand am Versuchsanfang, in Versuchsmittle nach 7 - 8 Monaten und am Versuchsende nach etwa 15 Monaten entnommen. Die Proben stammten jeweils aus der Vorderwand und der Seitenwand der Hufe vorne links und hinten rechts. Im Betrieb A wurden am Versuchsanfang weitere Proben von den makroskopisch am stärksten veränderten Stellen der Hornwand verschiedener Hufe gewonnen.

Besonderheiten und weitere Einzelheiten zur Durchführung der Untersuchungen sind dem jeweiligen Kapitel der Befunde vorangestellt.

Auf Grund der Wachstumsrate und der Länge der Zehenwand des Hufes konnte die zur vollständigen Erneuerung der Hornwand benötigte Zeit errechnet werden. Daher wurde die Versuchsdauer in den Betrieben A und C auf etwa 15 Monate festgelegt. Eine ähnliche Versuchsdauer wäre auch im Betrieb B sinnvoll gewesen. Aus persönlichen Gründen wurde im Betrieb B eine vorzeitige Beendigung der Blutentnahmen und der Biotinapplikation gewünscht.

Die effektive Versuchsdauer war in den einzelnen Betrieben wie folgt:

Betrieb A:

Versuch vom 6.2. 1985 bis 4.6. 1985 - 16 Monate
Biotinapplikation während der ganzen Zeit
und nach Versuchsende weitergeführt.

Betrieb B:

Versuch mit Biotinapplikation vom
24.4. 1985 bis 31.12. 1985 - 8 Monate
Messungen von Wachstum, Form und Grösse
der Hufe sowie des Hufstatus
zwischen 24.4. 1985 und 19.3. 1986 - 11 Monate
Entnahme von Hornproben bei Versuchsbeginn
und nach $7\frac{1}{2}$ Monaten.

Betrieb C:

Versuch vom 11./18.4.^e 1985 bis 25.6. 1986 - $14\frac{1}{2}$ Monate
Biotinapplikation während der ganzen
Versuchszeit.

III. BEFUNDE

In den folgenden Kapiteln der Befunde werden, soweit nötig, zunächst noch methodische Angaben vorangestellt. Im Anschluss an die Befundbeschreibung werden im jeweiligen Kapitel schon einige Punkte diskutiert, die in unmittelbarem Zusammenhang zu den angeführten Befunden stehen.

1. Biotinspiegel des Blutplasmas

Der Biotinspiegel im Blutplasma der Pferde wurde nach der Methode von FRIGG und BRUBACHER (1976) in den Laboratorien der Firma Hoffmann-La Roche bestimmt, wobei Biotinspiegel unter ca. 150 ng/l Plasma nicht mehr nachweisbar sind. Alle Blutproben wurden mit heparinisierten Vakuumröhrchen aus der V. jugularis externa entnommen. Nach Zentrifugation wurde das erhaltene Plasma bis zur Weiterverarbeitung bei -20° tiefgefroren.

Die Plasmaspiegel von unbehandelten Pferden sind sehr niedrig. Die Werte von unbehandelten Pferden der Betrieb A und B lagen im Durchschnitt nur bei etwa 200 ng/l Plasma. (Tab. 3-5). Die in Tab. 6 aufgeführten Werte von Islandpferden des Betriebs C betrugen im Durchschnitt etwa 300 ng/l Plasma. Der Mittelwert von insgesamt 177 Blutproben, die ausser den in Tab. 6 genannten Werten von anderen Islandpferden stammen, lag bei 230 ng/l Plasma. Ein im Betrieb C vorhandenes Fertigfutter mit Biotinzusatz von 20 µg Biotin/kg Futter, das nach den Angaben des Personals nur gelegentlich an ein Pferd verfüttert wurde, könnte für einige der mässig erhöhten Plasmaspiegel im Betrieb C verantwortlich sein.

Nach oraler Gabe einer Halbtagesdosis Biotin an 5 Pferde des Betriebes A wurden bereits eine Stunde später die höchsten Plasmaspiegel zwischen 7500 und 22900 ng Biotin/l Plasma gemessen (Tab. 3), die nach 22 Stunden auf Werte zwischen 1000 und 1500 ng Biotin /l Plasma abgefallen, aber noch deutlich höher als bei unbehandelten Pferden waren.

Um den Verlauf des Biotinspiegels kurz nach der Applikation noch besser zu erfassen, wurden daher 3 weitere Kleinpferde untersucht, denen während der ersten Stunde nach der oralen Biotingabe in Viertelstundenintervallen Blut genommen wurde. Bei allen 3 Tieren war der maximale Plasmaspiegel (zwischen 19 000 und 35 000 ng/l) bereits 30 Minuten nach der Applikation erreicht (Abb. 1). 24 Stunden nach der Biotingabe hatten diese Pferde noch Plasmaspiegel zwischen 870 und 5580 ng Biotin /l. Aus beiden Versuchsreihen (Tab. 3 und Abb. 1) ist zu entnehmen, dass der Biotinspiegel im Blutplasma nach oraler Verabreichung sehr rasch ansteigt und innerhalb des ersten Tages stark abfällt, ohne schon die niederen Werte von unbehandelten Tieren zu erreichen.

Zur monatlichen Kontrolle der Biotinspiegel wurde im Betrieb A den nüchternen Pferden morgens um 6.30 Uhr vor der Biotinapplikation Blut entnommen, nachdem die behandelten Tiere die letzte Biotingabe am Vorabend um 17.00 erhalten hatten. Im Betrieb B erfolgte die Blutentnahme um die Mittagszeit, nachdem die Pferde zuvor um 6 Uhr Biotin erhalten hatten. Im Betrieb C war keine genaue zeitliche Koordination zwischen Biotinapplikation und Blutentnahme möglich.

Die Plasmabiotinspiegel der monatlichen Kontrollen sind in den Tab. 4 - 6 dargestellt. Die Zahlen belegen, dass diese

stichprobenartigen Kontrollen in der Lage sind, Unregelmäßigkeiten in der Verabreichung des Vitamins aufzuzeigen. Diese waren in Betrieben A und B dank der guten Mitarbeit des Personals selten. Im Betrieb A hatte das Pferd "Max", der unbehandelt bleiben sollte, zwei Mal einen hohen Biotinspiegel. Pferd "Moritz", der sonst regelmässig behandelt wurde, zeigte einmal einen niedrigen Wert. Der Biotinspiegel der behandelten Pferde war im September und Oktober 1985 deutlich niedriger als bei den übrigen Kontrollen (Tab. 4). Durch Nachfragen war zu erfahren, dass die Abendration der Tabletten schon morgens, d.h. 10 Stunden vor der Verabreichung in Apfelschnitze gesteckt wurde, und man ab Herbst 1985 eine andere Apfelsorte (Suurgrauech) verwendet habe. Nachdem die Tabletten erst unmittelbar vor der Applikation in die Apfelschnitze gesteckt wurden, waren die Plasma-biotinspiegel wieder in der üblichen Höhe.

Im Betrieb B wurden einmal bei den Kontrolltieren viel zu hohe Plasmawerte festgestellt, als die Ferienablösung des Stallmeisters versehentlich alle Tiere behandelt hatte. Im Betrieb C erfolgte die Biotinapplikation nur bei 2 Pferden ziemlich regelmässig; die geplante Verabreichung von Biotin an ein drittes Pferd ("Bikki") wurde vom häufig wechselnden Stallpersonal nicht ausgeführt.

Bei sicher unbehandelten Pferden des Betriebs A und B war der höchste Plasmabiotinspiegel 457 ng/l (Tab. 3 - 5). Die zahlreichen Bestimmungen des Plasmaspiegels, die SCHULZE (1987) bei unbehandelten Pferden vornahm, ergaben ähnlich niedrige Werte wie die in Tab. 3 - 5 genannten. Daher weisen Plasmaspiegel über 500 ng Biotin/l auf eine erfolgte Biotinverabreichung bzw. auf Biotinzusätze im Futter hin.

2. Wachstum der Hornwand

An der Vorderwand, Seitenwand und Trachtenwand der vier Hufe aller Pferde wurden mit einem Formfräser (Durchmesser 10 mm, Dicke 1 mm) 10 - 15 mm lange und ca. 3 mm tiefe Rinnen parallel zum Kronrand eingefräst. Diese Rinnen wurden etwa 2 - 3 cm distal vom Kronrand angelegt. Zur Erfassung der Wachstumsrate der Hornwand wurde der Abstand von der Mitte des proximalen Rinnenrandes zur Austrittsstelle der distalsten Haare am Kronrand in Verlaufsrichtung der Hornröhrchen gemessen (Abb. 4). Zur Messung wurde ein bewegliches Haushaltmessband mit Millimetereinteilung verwendet. Orientierende Messungen erfolgten monatlich, die ausführlichen Messungen wurden jeweils im Abstand von 3 Monaten vorgenommen. Falls vor dem nächsten Messtermin eine Entfernung der distal vorgewachsenen Rinnen durch den Schmied zu erwarten war, wurden proximal an den gleichen Stellen der Hornwand neue Rinnen eingefräst. Die Wachstumsraten werden in mm pro 28 Tage angegeben. Diese 4-Wochenwerte wurden gewählt, da die Untersuchungen in einem Betrieb meist am selben Wochentag durchgeführt wurden.

Zur Ermittlung der Wachstumsraten der Hornwand der einzelnen Pferde wurde jeweils der Mittelwert der 12 Messwerte (von 4 Hufen je 3 Stellen) pro Pferd gebildet und über die Intervalle von 3 Monaten angegeben. Da die Messfehler mit zunehmendem Abstand der Rinnen vom Kronrand, d.h. mit Zunahme der Messintervalle geringer werden, traten bei den Dreimonatsmessungen in der Regel nur mässige Unterschiede zwischen den Einzelwerten des jeweiligen Pferdes auf. Bei den orientierenden monatlichen Messungen war die Streuung zwischen den Einzelwerten viel grösser als bei den Dreimonatswerten. Ein aus den 12 Messwerten gebildeter Durch-

schnitt gab aber auch bei 4-Wochenintervallen im Vergleich mit den Dreimonatswerten einen für das betreffende Pferd richtigen Kennwert seines Hornwachstums.

Die Ergebnisse der mittleren Wachstumsraten der Hornwand über Dreimonatsintervalle sind für die verschiedenen Tiergruppen in Tab. 7 - 9 und in den Abb. 2 - 3 dargestellt. Die Wachstumsraten der Kalt- und Warmblutpferde von Betrieb A betrugen über die ganze Versuchsdauer um 8 mm/28 Tage, bei den Kaltblütern des Betriebs B um 9 mm/28 Tage. Die Wachstumsraten der Islandpferde aus Betrieb C waren dagegen mit 4 - 5 mm/28 Tagen nur etwa halb so gross wie die der Kalt- und Warmblutpferde aus Betrieb A und B. Bei 4 weiteren Islandpferden wurde in der Zeit von November bis Juni eine durchschnittliche Wachstumsrate der Hornwand von nur 3.5 mm/28 Tage gemessen. Während der Wintermonate war in allen 3 Betrieben eine leichte Verminderung der Wachstumsraten um 1 - 2 mm/28 Tage festzustellen (Abb. 2 - 3).

Die mittleren Wachstumsraten der Hornwand waren bei behandelten und unbehandelten Pferden in allen drei Betrieben ähnlich. Das Wachstum einiger Kontrolltiere lag um ca. 0.5 mm/28 Tage höher als bei den behandelten Tieren. Beide Gruppen der jeweiligen Betriebe hatten Wachstumsraten, die der Norm der betreffenden Rassen entsprechen dürften.

Das Wachstum verschiedener Stellen der Hornwand (Vorderwand, Seitenwand und Trachtenwand) wurde an den 4 Hufen aller Pferde über die ganze Versuchsdauer von 11 - 15 Monaten gemessen und verglichen. Die in Tab. 10 - 12 zusammengestellten Werte zeigen allgemein in allen Tiergruppen ähnliche Wachstumsgeschwindigkeiten der Vorderwand, Seitenwand und Trachtenwand. Lediglich an den Hinterhufen einiger Pferde

des Betriebes A und B war die Wachstumsgeschwindigkeit der lateralen Trachtenwand um ca. 1 mm/28 Tage geringer als die der Vorderwand.

3. Form und Grösse der Hufe und Huferneuerungszeit

Zur Objektivierung von Form und Grösse der Hufe und allfälliger Veränderungen dieser Werte wurden die in Abb. 4 - 6 und in Tab. 13 aufgeführten Masse erhoben. Da solche Masse stark durch den Hufbeschlag beeinflusst werden können, wurden die betreffenden Messungen in Betrieb A und B spätestens innerhalb von 4 Wochen nach dem letzten Beschlag vorgenommen; im Betrieb C konnte dieser Zeitplan nicht genau eingehalten werden.

Die Längen- und Weitenmasse des Hufes wurden mit einem Haus-haltmessband gemessen, die Winkelmasse zwischen Hornwand und Bodenfläche wurden mit einem verstellbaren Winkel abgegriffen (Abb. 4 - 5), die Winkelstellung auf Papier übertragen und mit einem Winkelmesser abgelesen. Bei Unregelmässigkeiten der Hornwand, wie z.B. einer gewölbten Wand, wurde der eine Schenkel des Winkels als Tangente an die halbe Höhe der Hornwand angelegt (Abb. 4). Zur Messung der Winkel der Seitenwände wurde bei Bestimmung von β und γ der verstellbare Winkel in einer Transversalebene an die Seitenwände angelegt (Abb. 5).

Als wichtige Längenmasse wurden in Verlaufsrichtung der Röhrchen die Länge der Vorderwand in Zehenmitte (A), die Länge der Seitenwand an der weitesten Stelle des Hufes (E und F) und die Länge der Trachtenwand am palmaren (plantaren) Rand (M und N) gemessen (Abb. 4).

Die Hufweite sollte mit Umfangsmessungen an Kronrand (K) und Tragrand (T) sowie durch Messung der Sohlenweite (W) an der weitesten Stelle des Hufes bestimmt werden. Ferner sollte mit dem Mass "Eckstrebenweite" (V) die Entfernung der beiden Eckstrebenwinkel an der tiefsten Stelle der seitlichen Strahlfurchen (= proximal, Abb. 6) gemessen werden, um damit die Enge oder Weite eines Hufes im Trachtenbereich zu erfassen. Dieses Mass konnte auch an beschlagenen Hufen gut erhoben werden. Die Sohlenlänge (L) wurde sagittal vom dorsalen Tragrandende bis zur Schnittstelle der Sagittalen mit einer gedachten Verbindungslinie zwischen den Eckstrebenwinkeln gemessen (Abb. 6).

Die am Versuchsanfang und am Versuchsende gemessenen Werte zu Form und Grösse der Hufe unterschieden sich im allgemeinen nur wenig voneinander. Daher sind in Tab. 13 nur die durchschnittlichen Messwerte vom Versuchsende für die jeweilige Tiergruppe wiedergegeben. Nebst den Durchschnittswerten für die Vorder- und Hinterhufe sind für jede Gruppe der untersuchten Pferde noch "Richtzahlen" angegeben. Diese aus den Durchschnittswerten abgeleiteten Zahlen sollen eine Vorstellung der Grössenordnung des jeweiligen Masses für die betreffende Gruppe von Pferden vermitteln.

An den Vorderhufen von 2 Pferden des Betriebes A, von denen eines ("Moritz") behandelt wurde und das andere ("Nils") unbehandelt blieb, konnte der optische Eindruck, dass die anfänglich sehr weiten Hufe bei Versuchsende enger waren, auch zahlenmässig durch die Werte der Winkelmasse, des Tragrandumfangs und der Sohlenweite belegt werden.

An der Hornwand der Hufe sind die Seitenwände meist ähnlich lang wie die Vorderwand. Der palmare (plantare) Trachtenrand als kürzester Teil der Hornwand hatte beim vorliegenden Untersuchungsgut eine Länge von ca. 60% der Vorderwand.

Der Quotient aus Vorderwandlänge und Wachstumsrate ergibt die Zeit, die zur Erneuerung des ganzen Hornschuhs nötig ist. Bei einer Länge der Vorderwand von 120 mm bei Kaltblütern und einer Wachstumsrate von 8 mm/28 Tage ist der Hornschuh in 60 Wochen, d.h. in 14 Monaten erneuert. Ein Warmblüterhuf mit einer Vorderwandlänge von 100 mm ist bei einer Wachstumsrate von 8 mm/28 Tage in 50 Wochen, d.h. in etwa einem Jahr erneuert. Bei den Islandpferden mit einer Vorderwandlänge von 80 - 90 mm ist die Hornwand bei einer Wachstumsrate von 5 mm/28 Tage (der obere Bereich unserer gemessenen Werte) in etwa 15 Monaten erneuert. Bei den geringeren Wachstumsraten von 3.5 - 4 mm muss aber mit Zeiten von 20 Monaten gerechnet werden, bis die Hornwand erneuert ist.

Der Quotient aus Trachtenlänge und Wachstumsrate gibt die minimal benötigte Zeit an, bis die kürzesten, palmaren (plantaren) Partien der Hornwand erneuert sind.

4. Hufstatus, makroskopisch-klinische Befunde

Die in den Tab. 14 - 17 zusammengefassten Resultate der makroskopisch-klinischen Befunde berücksichtigen die Adspektion und Fotodokumentation sowie Merkmale, die auch durch Palpation oder geruchlich wahrnehmbar waren. Bei der Palpation wurde auf die Oberflächenbeschaffenheit sowie die Konsistenz des Hornes geachtet. Es sollte überprüft werden, ob die Hornoberfläche glatt oder rauh, und die Konsistenz des Hornes hart und fest oder auch spröde bzw. weich und schmierig sei. Geruchsabweichungen des Hornes, die besonders im Strahlbereich aber auch an anderen Stellen des Hufes vorkommen, wurden ebenfalls erfasst, da z. B. stinkendes, schmieriges Horn als Zerfallerscheinung zu werten ist.

Bei den klinischen Untersuchungen der Hufe wurde der Zustand des Kronrandes und des Saumhorns beurteilt und benotet. Anschliessend wurde die Beschaffenheit des Kronhorns und seiner Oberfläche überprüft und bewertet. Dabei wurde auch auf Ring- und Rinnenbildungen im Kronhorn geachtet. An der Hornwand und deren Tragrand wurden vor allem die Risse und Ausbrüche erfasst und als leicht-, mittel- oder schwergradig eingestuft. Hier wurde auf die Grösse der Defekte geachtet, da z.B. grosse Ausbrüche im Tragrandbereich zu Schwierigkeiten beim Aufnageln der Eisen führen. Die Tiefe der Defekte wurde ebenfalls berücksichtigt, da z.B. tiefgehende Risse bis in die Nähe der schmerzempfindlichen Lederhaut reichen können. Risse, die parallel zu den Hornröhrchen verlaufen, werden als Hornspalten bezeichnet; die quer zu den Röhrchen verlaufenden Risse werden Hornkluft genannt. Die an Sohle und Strahl häufigen kleinen Risse oder Oberflächendefekte wurden nicht zahlenmässig erfasst, sondern in der Benotung des Zustandes von Sohle und Strahl mitberücksichtigt.

Der Zustand aller 4 Hufe eines Pferdes wurde in einer Gesamtnote für den jeweiligen Untersuchungszeitpunkt ausgedrückt. Dabei bedeutet die Note 0 = unveränderte Hufe, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig und 3 = schwergradig veränderte Hufe. Die Beurteilungen des Hufstatus wurden vor allem von 2 Personen (LEU und GEYER) vorgenommen. Am Versuchsende wurden alle Benotungen nochmals überprüft, um einen möglichst gleichen Bewertungsmassstab für die gesamte Versuchszeit anzuwenden. Bei solchen vergleichenden Beurteilungen erwies sich die Fotodokumentation als sehr wertvoll. Da Risse und Ausbrüche zahlenmässig gut zu erfassen sind, sind diese unter der Beurteilungsnote als Gesamtzahl von allen 4 Hufen eines Pferdes für den betreffenden Untersuchungszeitpunkt aufgeführt. Da vor allem mittel- und schwergradige Risse und Ausbrüche zu Schwierigkeiten beim Beschlag führen können, ist jeweils die in der Gesamtzahl enthaltene Anzahl der mittel- und schwergradigen Risse und Ausbrüche noch besonders aufgeführt.

Der Hufbeschlag bzw. die Hufpflege wurde in allen 3 Betrieben regelmässig ausgeführt. Da der Zustand der Hufe durch das Zurichten und den Beschlag beeinflusst werden kann, wurden die der Beurteilung zugrunde liegenden makroskopisch-klinischen Befunde in den Betrieben A und B bei Versuchsbeginn und bei Versuchsende unmittelbar bei oder nach dem Beschlag und spätestens innerhalb von 4 Wochen nach dem Beschlag erhoben. Bei den meisten der in Tab. 14 - 16 aufgeführten Beurteilungen lag der letzte Beschlagstermin nicht länger als 6 Wochen zurück. Im Betrieb C war es aus organisatorischen Gründen u.a. wegen der grossen Entfernung von Zürich, nicht möglich, die Beurteilungen am Versuchsanfang und am Versuchsende unmittelbar nach dem Beschlag bzw. Beschneiden der Hufe vorzunehmen.

Im Betrieb A konnte der Hufbeschlag, anders als geplant, nicht immer vom selben Schmied durchgeführt werden. Wegen Erkrankung des Bestandesschmiedes wurden die Pferde im Sommer 1985 ein bis zwei Mal von einem fremden Schmied beschlagen. Ende Dezember 1985 kam es im Betrieb A zu einem endgültigen Wechsel des Hufschmiedes.

Ergebnisse

Betrieb A (Tab. 14 - 15, Abb. 7, 13 - 22, 28 - 31, 37 - 40)

Der Hufstatus der zu behandelnden Pferde war vor Versuchsbeginn mit einer Durchschnittsnote von 2.6 als schlecht zu bezeichnen. Die Ausgangslage der im Versuch verbliebenen unbehandelten Kontrolltiere war ungewollt besser als bei der Gruppe der behandelten Tiere. Denn kurz vor Beginn des Versuches musste eine Belgierstute mit schweren Hufveränderungen, die schon der Gruppe der Kontrolltiere zugeteilt war, wegen einer Phlegmone einer Beckengliedmasse geschlachtet werden. Ausserdem musste der Belgierwallach "Gerold", der ebenfalls schwere Hufveränderungen aufwies, 5 Monate nach Versuchsbeginn wegen chronischer Gelenksveränderungen geschlachtet werden.

Die Tiere mit schweren Hufveränderungen zeigten meist raue Kronränder, rauhes, borkiges Saumhorn, das zum Teil auch schmierig war. Ferner war die Oberfläche des Kronhorns oft unregelmässig und vor allem war die Hornwand dieser Pferde im Tragrandbereich stark ausgebrochen. Der Strahl- und Sohlenbereich dieser Tiere war nur wenig verändert. Es ist allerdings noch zu beachten, dass auch gesundes Saumhorn bei diesen Kaltblutpferden eine etwas rauhere Oberfläche hat als dies bei Warmblutpferden üblich ist.

Bei den behandelten Pferden konnte der erfahrene Untersucher nach 3 - 4 Monaten beobachten, dass der Kronrand glatter als zuvor war, und dass unter dem Kronrand neues Horn entstanden war, dessen Oberfläche glatter und regelmässiger war als in den distalen Partien der Hornwand. Nach 6 Monaten war es deutlicher zu erkennen, dass der proximale Teil der Hornwand eine regelmässiger Struktur aufwies als der distale Teil der Hornwand. Der während der Behandlungszeit gebildete Teil der Hornwand umfasste das proximale Drittel und im Trachtenbereich etwa die Hälfte der Hornwand.

Im Tragrandbereich waren aber nach knapp 6 bzw. 8 Monaten Behandlungsdauer noch zahlreiche mittel- und schwergradige Ausbrüche vorhanden (Abb. 15, 21, 29; Tab. 14). Da diese immer noch problematisch für den Hufbeschlag sein können, lautete die Gesamtbeurteilung der Hufe dieser Pferde trotz besseren Zustandes des Hornes im proximalen Hufbereich zu dieser Zeit noch "mittelgradig bis schwer verändert" (Tab. 14, Abb. 7).

Erst nach etwa dreiviertel Jahren, ab Herbst 1985, ging bei den behandelten Tieren die Zahl und der Schweregrad der Ausbrüche und Risse zurück. Der Gesamtzustand der Hufe besserte sich allmählich und erreichte nach 12 - 15 Monaten einen befriedigenden Zustand (Abb. 7, 16, 18, 22, 30 - 31; Tab. 14). Zwei Pferde ("Stern" und "Moritz") zeigten schon ab 9 - 12 Monaten einen ziemlich guten Hufstatus. Zwei andere Pferde ("Otto" und "Nero") hatten nach etwa dreivierteljähriger Behandlungszeit noch schwere Ausbrüche am Tragrand (Abb. 29). Der Hufstatus dieser beiden Tiere besserte sich dann allmählich; ein befriedigender Zustand wurde aber erst nach 15 Monaten Behandlungszeit erreicht. Der Belgierhengst "Barrik" hatte sehr rauhes und borkiges Saumhorn, auch die Oberfläche

des Kronhorns war stellenweise sehr unregelmässig. Dieser Hengst zeigte erst ab ca. 12 Monaten eine allmähliche Besserung der Oberflächen des dicken Saumhorns sowie des Kronhorns. Einige Ausbrüche am trachtenseitigen Tragrand, die aber vor allem aus abfallendem Saumhorn bestanden, blieben bei Barrik noch bestehen.

Bei den unbehandelten Kontrolltieren des Betriebs A kam es im Verlauf des Versuchs auch zu einer Besserung der Durchschnittsnote der makroskopisch-klinischen Hufbefunde, die vor allem auf das Pferd "Nils" zurückzuführen war (Tab. 15, Abb. 7). Dieser hatte bei Versuchsbeginn starke Ausbrüche am Tragrand (Abb. 38 - 39), zeigte aber proximal an den Hufen bereits ziemlich glattes Kronhorn, das wie später ausgeführt, auch bei der histologisch-physikalischen Untersuchung qualitativ meist gut beurteilt wurde (Abb. 41 - 45, Tab. 18). Ab Sommer und Herbst 1985 kam es bei diesem Pferd ohne Behandlung zu einer Besserung des Hufbefundes, die durch Herunterwachsen des anfänglich proximalen, besseren Kronhornes zustande kam (Abb. 40 - 45). Das im August 1985 geschlachtete Pferd "Gerold" hatte 6 Monate nach Versuchsbeginn einen ähnlich schlechten Hufstatus wie am Anfang.

Die Pferde "Max" und "Graf", die zu Versuchsbeginn nur leicht- bis mittelgradig veränderte Hufe aufwiesen, zeigten eine mässige Verschlechterung ihres Hufstatus in der 2. Jahreshälfte 1985. Der Zustand der Hufe besserte sich danach, so dass die beiden Pferde am Versuchsende wieder die gleichen Bewertungen wie am Versuchsanfang erhielten.

Das Warmblutpferd "Graf" hatte ab Sommer 1985 eine perforierende Kronrandspalte in der lateralen Seitenwand vorne links, die immer wieder nach proximal einriss. Erst

nach chirurgischer Behandlung, durch Dünnschleifen des Hornes im Bereich der Spalte und ihrer Umgebung bis an die Lederhaut und dem Beschlagen mit einem Spezialeisen im Dezember 1985, kam es später zu einer Abheilung des Defektes.

Eine vor allem bei den Belgiern des Betriebs A vorkommende chronische Dermatose im Bereich von Metacarpus und Metatarsus (= Raspe) sowie in der Fesselbeuge (= Mauke), die oft mit Juckreiz einherging, wurde wiederholt mit desinfizierenden und antiparasitären Waschungen behandelt. Die Dermatose besserte sich zeitweise, konnte aber nie ganz geheilt werden und zeigte auch bei den mit Biotin behandelten Tieren keine bessere Heiltendenz als bei den Kontrolltieren ohne Biotinzusatz. Als Ursache dieser Dermatose konnte letztlich, wie auch schon in früheren Jahren, Chorioptes bovis, der Erreger der Fussräude nachgewiesen werden, die bei der starken Behaarung an den Füßen der Kaltblutpferde schwer zu tilgen ist.

Betrieb B (Tab. 16)

Der Hufstatus der Shires des Betriebes B war schon bei Versuchsbeginn, ausser beim Pferd "Monti", deutlich besser als im Betrieb A. Bei den behandelten Tieren besserte sich während des Versuches vor allem der Hufbefund von Pferd "Monti". "Rigo" erhielt am Versuchsende die gleiche Bewertung wie am Versuchsanfang, während "Domino's" Hufstatus sich am Versuchsende um eine halbe Note gegenüber dem Ausgangswert verschlechtert hatte, da seine Tragränder mehr ausgebrochen waren als zuvor. - Für die behandelten Pferde ist zuzufügen, dass das während der 8-monatigen Behandlungszeit gebildete Kronhorn am Versuchsende nach 11 Monaten den Tragrand noch nicht erreicht hatte.

Die beiden unbehandelten Kontrolltiere erhielten im Verlauf des Versuchs ziemlich gleichbleibende Beurteilungen ihres Hufstatus und wurden am Versuchsende gleich bewertet wie am Anfang.

Betrieb C (Tab. 17)

Unter den beiden mit Biotin behandelten Islandpferden beserte sich der Zustand der Hufe im Verlauf des Versuchs sehr deutlich beim Pferd "Phytur". Beim Pferd "Vikkingur", dessen unbeschlagene Hufe besonders stark den Einflüssen des Bodens ausgesetzt waren, war am Versuchsende eine mässige Besserung des Hufzustandes festzustellen. Ergänzend sei hier schon erwähnt, dass der histologische Befund des Kronhorns aus den Hornproben der Hufwand dieses Pferdes im Laufe des Versuches sich wesentlich gebessert hatte (Tab. 20).

Der Hufstatus der unbehandelten Islandpferde war mit einigen Schwankungen während des Versuches am Versuchsende wieder ähnlich wie am Versuchsanfang sowie im Oktober und Dezember 1985.

Schlussbemerkungen zu den makroskopisch-klinischen Befunden

Nach den Erfahrungen von Hufschmieden und Pferdehaltern, die durch eigene Beobachtungen bestätigt werden konnten, weisen die Hufe der Pferde am Ende des Sommers den schlechtesten Zustand im Vergleich zum übrigen Jahr auf. Diese Tatsache dürfte auf vermehrtes Austrocknen des Hufhorns und den verstärkten Gebrauch der Tiere während des Sommers zurückzuführen sein.

Die Schlussbeurteilung der Pferde dieses Versuches wurde im Frühjahr und Frühsommer 1986 vorgenommen, nachdem die Beurteilung bei Versuchsanfang Ende Winter bzw. im Frühjahr 1985 erfolgt war, in einer Zeit, wo die Hufe meist einen guten Zustand zeigen. Daher sind die schlechten Ausgangsbefunde der in Betrieb A behandelten Tiere besonders bemerkenswert.

Die Tiere des Betriebes A wurden nach dem Versuchsende dieser Arbeit bei gleichbleibender Versuchsanordnung weiterverfolgt; auch an den Pferden des Betriebes B wurden einige weitere Untersuchungen durchgeführt. Ueber diese Ergebnisse wird in einer späteren Arbeit berichtet.

Am Ende der makroskopisch-klinischen Befunde ist noch zu erwähnen, dass während der langfristigen Biotinbehandlung an den Pferden aller 3 Betriebe keine nachteiligen Nebenwirkungen beobachtet wurden.

5. und 6. Mikroskopischer Bau und Festigkeit von Hornproben

Entnahme der Hornproben

Zur Beurteilung des mikroskopischen Baus des Saum- und Kronhorns sowie der Festigkeit des Kronhorns wurden aus der Vorderwand und der Seitenwand der Hufe vorne links und hinten rechts Hornproben nach der in Abb. 8 - 12 dargestellten Technik entnommen. Eine wichtige Voraussetzung für eine korrekte Beurteilung von Hornproben ist, dass die Hornproben von möglichst konstanten Stellen stammen. Die Lokalisation der Proben wurde mit einer Schablone an der Vorderwand und an der Seitenwand hinter dem letzten Hufnagel eingezeichnet (Abb. 8 - 9). Der proximale Probenrand war bei Warmblütern 30 mm und bei Kaltblütern 40 mm vom Kronrand entfernt. Die

gewünschte Grösse der Hornprobe war 15 - 20 mm lang und 10 mm hoch.

Der proximale und distale Probenrand wurde mit einem Kreissägeblatt von 15 mm Durchmesser parallel zum Kronrand gesägt (Abb. 10). Mit einem Formfräser von 10 mm Durchmesser, der in dieselbe Bohrmaschine eingesetzt wurde, fräste man den seitlichen Probenrand breit ein. Damit wurde Raum für die später hier einsetzende Schneide eines Meissels geschaffen, um Druckschäden durch den Meissel zu vermeiden (Abb. 11 - 12). Zuletzt wurde die Probe mit einem nach der Schneidfläche gekrümmten, scharf geschliffenen Meissel aus ihrer Umgebung herausgeschnitten. Die Probe sollte an der dicksten Stelle ca. 5 mm dick sein. An der Seitenwand des Hufes musste wegen der gegen palmar (plantar) abnehmenden Dicke der Hornwand beim Meisseln vorsichtig vorgegangen werden, um die innen angrenzende Wandlerhaut nicht zu verletzen. Die Entnahmestellen der Hornproben wurden ab der 2. Probenentnahme mit dem Acrylharz "Hoof-Repair"*verschlossen.

Die Hornproben wurden am Versuchsanfang, in Versuchsmitte nach 7 - 8 Monaten und in den Betrieben A und C auch am Versuchsende entnommen. Wegen der Kleinheit der Hufe wurden bei den Islandpferden kleinere Proben als oben angegeben entnommen und nur histologisch untersucht. Die von definierten Lokalisationen entnommenen Proben lagen an mindestens 2 von 3 Entnahmeterminen an derselben Stelle. Die Entnahmestelle wurde meist in Versuchsmitte um eine Probengrösse nach der Seite verschoben, damit der entnommene Hornbezirk jeweils auch voll belastet war. Sowohl bei den histologischen Untersuchungen als auch bei den Festigkeitsmessungen zeigte sich, dass genau die gleiche, seitlich nicht versetzte Probenlokalisation die besten Vergleiche zwischen den verschiedenen Entnahmeterminen ermöglichte.

* H.D. Justi Co. 2233 Statham Blvd. Oxnard, CA 93030, U.S.A.

5. Mikroskopische Befunde der Hornproben (Tab. 18 - 20;
Abb. 23 - 27, 32 - 36, 41 - 47)

Von der proximalen Fläche der oben erwähnten Hornproben wurden im Kryostat bei -20° etwa 10 μ m dicke Gefrierschnitte hergestellt und schwimmend mit Hämalaun-Eosin oder Alcianblau-PAS (ROMEIS, 1968) gefärbt. Der histologische Befund jeder Probe wurde in einer Note ausgedrückt, wobei 0 = unverändert, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig und 3 = schwergradig verändert bedeutete.

Die Beurteilung der histologischen Befunde stützte sich auf Vergleiche mit gesundem, unverändertem Horn. Als Grundlage zur Histologie des normalen Hufhorns dienten die Arbeiten von NICKEL (1938), WILKENS (1964), HABERMEHL (1984), sowie die erst vor kurzem abgeschlossenen Untersuchungen von BUCHER (1987). Nach diesen Autoren besteht die Hornwand des Hufes aus dem Horn des Saum-, Kron-, und Wandsegmentes. Das locker gebaute Röhrchenhorn des Saumsegmentes bedeckt von aussen das Kronhorn. Das Kronhorn hat eine sehr belastungsfähige Röhrchenkonstruktion und bildet den grössten Teil der Hornwand. Den innersten Teil der Hornwand bildet das Blättchenhorn des Wandsegmentes.

Das Röhrchenhorn des Saum- und Kronsegmentes wird im Bereich des Saum- Kronwulstes vom Stratum germinativum der Epidermis gebildet, das den zottentragenden Papillarkörper der Lederhaut überzieht. Ueber den Zotten der Lederhaut bildet die Epidermis die Hornröhrchen, die sehr biegefesten Tragelemente sind. Durch Zerfall der zentral über den Zottenspitzen entstandenen Epidermiszellen entsteht der Markraum der Röhrchen, die Rindenzellen sind zirkulär um die Markräume ange-

ordnet. Zwischen den Lederhautzotten bildet die Epidermis das Zwischenröhrchenhorn, das wie die Hornröhrchen in proximaler Richtung wächst, dessen Zellen aber weniger regelmäßig angeordnet sind als in den Röhrchenrinden.

In der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns sowie im Saumhorn haben die Hornröhrchen eine ovale Querschnittsform. Sie sind parallel zur Oberfläche abgeplattet. Im Kronhorn der genannten Zonen sind die platten Rindenzellen in mehreren Schichten zirkulär um die Markräume angeordnet (Abb. 27/b).

Die unveränderten Hornzellen des Pferdehufes zeigen eine leichte bis mässige Rotfärbung der Zellgrenzen mit PAS, das Zellinnere ist PAS-negativ und erscheint in der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns hell (Abb. 27/b, c). Im Saumhorn färbt sich der Zelleib der Hornzellen mit Alcian-blau-PAS blau-grau an.

Die Markräume der unveränderten Röhrchen sind eng oder mässig weit und enthalten PAS-positives Material oder auch Hohlräume (Abb. 26/a, b; 27/a, d; 42/b; 44/b; 47/b). Bei den PAS-positiven Substanzen dürfte es sich vorwiegend um Glykoproteine handeln (GEYER, 1984).

Die Bewertung der pathologisch-histologischen Veränderungen der Hufhornproben erfolgte auf Grund der Erfahrungen von Voruntersuchungen an Pferdehufen und Rinderklauen sowie von umfangreichen histologisch-histochemischen Untersuchungen an gesundem und pathologisch verändertem Klauenhorn von Schwein und Schaf (GEYER et al., 1981; GEYER et al., 1984; GEYER, 1984; GEYER und TAGWERKER, 1986; ROSSKOPF, 1986). Bei der Auswertung der histologischen Befunde der Hornproben des vorliegenden Versuchs wurde besonders auf Zerfallerscheinungen am

Horn und auf Unregelmässigkeiten in der Anordnung und Form der Röhrrchen geachtet.

Als Zerfallerscheinungen des Horns sind folgende Befunde zu werten: Eine starke Anfärbung der Zellgrenzen und sogar der ganzen Hornzellen mit PAS (Abb. 24/a; 34/a; 41/a). Beim Zerfall der inneren Rindenzellen von Hornröhrrchen entstehen erweiterte Markräume (Abb. 23/b'; 34/b; 35/a), die mit PAS-positivem Material gefüllt sind und oft auch vermehrt Zellkernreste enthalten. Auch im Bereich der Röhrrchenrinden oder des Zwischenröhrrchenhorns ist eine sichtbare Anreicherung von Zellkernresten als pathologisch zu bewerten (Abb. 24/b).

An der Seitenwand der Hufe ist im Kronhorn ca. 1 mm unter der Oberfläche oft eine Zone mit schräg verlaufenden Röhrrchen anzutreffen (Abb. 26/b). Wie auch durch Zerreißversuche zu belegen war, muss das Vorkommen von zahlreichen schiefen Röhrrchen mit engen Markräumen keinen Festigkeitsverlust bedeuten (Abb. 26). Allerdings wurden die höchsten Festigkeitswerte in solchen Seitenwandproben gemessen, in denen zahlreiche Röhrrchen ohne Schrägverlauf im Kronhorn regelmässig angeordnet waren. Falls im Kronhorn der Seitenwand die engen Röhrrchen von aussen gegen innen rasch zu locker gebauten, weiten Röhrrchen übergehen, so können schon ca. 2 mm unter der Kronhornoberfläche verringerte Festigkeitswerte vorkommen (siehe Kapitel 6).

Die histologischen Befunde der Hornproben zeigten im allgemeinen neben Bereichen mit Zerfallerscheinungen noch morphologisch unverändertes Horn. Daher sind die Noten der einzelnen Hornproben (Tab. 18 - 20) meist besser als die pro Pferd festgelegten Gesamtnoten der makroskopisch-klinischen Hufbefunde.

Die Durchschnittsnote der im Betrieb A an den konstanten Stellen entnommenen Hornproben lag am Versuchsanfang bei den zu behandelnden Pferden bei 1.6; die histologischen Ausgangsbefunde der unbehandelten Kontrolltiere waren besser und wurden im Durchschnitt mit 0.7 beurteilt (Tab. 18). Die bei Versuchsanfang von diesen Pferden zusätzlich entnommenen Hornproben, die jeweils aus den am stärksten veränderten Bezirken der Hornwände stammten, hatten in der Regel schlechtere histologische Befunde als die von konstanten Stellen entnommenen Proben. Der Notendurchschnitt der histologischen Auswertung von 9 Proben aus veränderten Stellen der Hornwände von später behandelten Pferden betrug 1.9, der Durchschnitt von 8 Proben aus veränderten Stellen der Hornwände späterer Kontrolltiere lag bei 2.0. Auch unter diesen Proben von makroskopisch veränderten Stellen waren histologisch einzelne Proben nur wenig verändert oder waren neben veränderten Probenteilen morphologisch nur wenig oder unveränderte Bereiche zu finden.

Vergleicht man die histologischen Befunde der an konstanten Stellen entnommenen Hornproben zwischen Versuchsanfang, -mitte und -ende, so ist in allen 3 Betrieben bei den behandelten Pferden schon in Versuchsmitte eine Besserung im mikroskopischen Bau des Hornes zu sehen (Tab. 18 - 20, Abb. 23 - 27; 32 - 36). Die Bildung des Hornes der 3.0-4.5 cm unter dem Kronrand entnommenen Proben erfolgte ca. 4-6 Monate vorher. Das Horn der in Versuchsmitte entnommenen Proben wurde daher etwa 1 1/2-3 1/2 Monate, im Mittel etwa 10 Wochen nach Versuchsbeginn gebildet.

Zwischen den in Versuchsmitte und den am Versuchsende entnommenen Proben war bei den behandelten Tieren gesamthaft keine weitere Besserung im histologischen Bau des Hornes

festzustellen. Der histologische Befund der Hornproben von unbehandelten Kontrolltieren war dagegen in allen 3 Betrieben im Verlauf des Versuchs unverändert geblieben oder hatte sich sogar leicht verschlechtert.

An Beispielen von 3 Pferden (davon zwei behandelte und eines unbehandelt) sollen einige der wichtigsten histologischen Befunde illustriert werden.

a) Bei Pferd "Moritz", das mit Biotin behandelt wurde, konnten am Huf hinten rechts, an genau denselben Stellen der Seitenwand (Abb. 21 - 22), die schweren Veränderungen vom Versuchsbeginn (Abb. 23 - 25) in Mitte und am Ende des Versuches nicht mehr gefunden werden (Abb. 26 - 27). Wie am Versuchsende enthielt auch die Probe von Versuchsmitte zahlreiche schräg verlaufende, enge Röhrchen. Im Unterschied zum Versuchsbeginn wurden an diesen beiden Proben gute Festigkeitswerte gemessen.

b) Bei Pferd "Otto" und anderen behandelten Tieren waren in mehreren Hornproben an denselben Stellen, wo am Versuchsbeginn histologische Veränderungen vorkamen, bei Versuchsmitte und -ende noch Veränderungen festzustellen, die der Ausgangslage ähnlich, aber meist geringgradiger oder zahlenmäßig weniger waren. Beim Pferd "Otto" fand man am Versuchsbeginn zahlreiche Röhrchen mit veränderten Rinden (Abb. 32/b; 34/a), in denen sich die Zellgrenzen stark mit PAS anfärbten, und auch der übrige Zelleib der Hornzellen oft schwach bis mässig PAS-positiv reagierte. Oft waren auch die Markräume der Röhrchen erweitert (Abb. 34/b; 35/a). Die Proben von Versuchsmitte und -ende, die mindestens gleich gross wie am Anfang waren, enthielten aber noch Röhrchen mit Rindenveränderungen, (Abb. 33/b; 36/b), etwa halb so viel wie am Versuchsbeginn.

Am Beispiel von Pferd "Otto" und anderen Tieren ist zu er-
sehen, dass der histologische Befund des Hornes bei den be-
handelten Tieren zwar deutlich besser wurde, dass aber die
anfänglich veränderten Stellen auch später noch als histolo-
gische "Schwachstellen" zu erkennen waren.

c) Beim unbehandelten Pferd "Nils" wurde bei Versuchsbeginn
eine der vier aus der proximalen Hornwand stammenden Proben
als leichtgradig verändert beurteilt (Abb. 41 - 42), die üb-
rigen drei Hornproben zeigten schon zu dieser Zeit einen
guten histologischen Befund (Abb. 43 - 45; Tab. 18). An
einer gleich beurteilten Hornprobe vom Versuchsende waren
histologisch keine Unterschiede zur entsprechenden Probe vom
Versuchsanfang zu erkennen (Abb. 45 - 47). Andere Hornproben
dieses Pferdes wurden im Laufe des Versuches schlechter als
am Anfang bewertet.

Wie bereits bei den makroskopisch-klinischen Hufbefunden er-
wähnt, kam es bei diesem Pferd ohne Behandlung nach 6 - 9
Monaten zu einer Besserung des Hufstatus im Tragrandbereich.
Durch Distalwachsen von qualitativ gutem Horn in den Trag-
randbereich können solche Besserungen zustande kommen. Die
proximal entnommenen Hornproben dieses Tieres wurden schon
bei Versuchsanfang histologisch vorwiegend als gut beur-
teilt (Tab. 18).

Das Beispiel des Pferdes "Nils" zeigt, dass die histologi-
sche Untersuchung von Hornproben aus dem proximalen Teil der
Hornwand sowie die Messungen von deren Festigkeit (Kap. 6)
mithelfen können, den Verlauf des Hufstatus richtig zu in-
terpretieren und echte von scheinbaren Behandlungserfolgen
zu unterscheiden. Beim Vorliegen eines schlechten histologi-
schen Befundes im proximalen Teil der Hornwand braucht es

bei üblichen Wachstumsraten sehr lange (12 - 15 Monate und mehr), bis neues besseres Kronhorn, das z.B. während einer Behandlung gebildet wird, im Tragrandbereich erscheint. Bei einem guten histologischen Ausgangsbefund der proximal aus der Hornwand entnommenen Proben braucht dieses Kronhorn weniger lang bis es zum Tragrand vorgewachsen ist. Diese Zeit entspricht dem Abstand der Hornprobe vom Tragrand geteilt durch die Wachstumsrate. Sie beträgt bei den üblichen Probenentnahmestellen 6 - 9 Monate. Bei einer Behandlung des betreffenden Tieres wäre man geneigt, bereits nach dieser Zeit eine Verbesserung des Tragrandbereiches einer Behandlung zuzuschreiben.

In Kenntnis der Wachstumsrate des Kronhorns muss man aber feststellen, dass das nach 6 - 9 Monaten am Tragrand erschienene Kronhorn noch vor Beginn einer Behandlung gebildet wurde. Denn von der Hornwand kann lediglich das Terminalhorn der weissen Linie, das nach BUCHER (1987) etwa 3 cm proximal vom Tragrand entsteht und zwischen den Hornblättchen liegend etwa $\frac{4}{5}$ des Horns der weissen Linie einnimmt, bereits nach einer Zeit von 3 - 4 Monaten erneuert sein.

Neben der makroskopischen Beurteilung des proximalen Teils der Hornwand können die histologischen Befunde sowie die Messung der Festigkeit an Hornproben aus diesem Bereich dazu beitragen, die weitere Entwicklung des Hufstatus eines Pferdes prognostisch besser einzuschätzen.

6. Festigkeit der Hornproben (Tab. 21 - 22)

Nach Anfertigung der histologischen Schnitte von der proximalen Fläche der Rohprobe wurde der Rest der aus der Hornwand stammenden Probe bei -20° aufbewahrt. Vor der weiteren Bearbeitung der Proben wurde das Saumhorn mit dem Skalpell entfernt.

Nach ersten, hinsichtlich Reproduzierbarkeit und Aussagefähigkeit eher enttäuschend verlaufenen Kompressionsversuchen an würfelförmigen Proben, wurde die Festigkeit im folgenden durch Zerreißversuche an Flachproben mit einem minimalen Prüfquerschnitt von $2 \times 2 \text{ mm}^2$, bzw. $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ charakterisiert.

Dazu wurde die nur noch aus Kronhorn bestehende Rohprobe aufgetaut und daraus mit Hilfe einer Präzisionsfräse eine Flachprobe von 2 mm Dicke und 10 mm Länge und 5 mm Höhe angefertigt. Die grosse Fläche der Probe lag parallel zur Ausenfläche des Kronhorns. Durch beidseitiges Einfräsen einer Rundkerbe wurde in Probenmitte eine Sollbruchstelle von $2 \times 2 \text{ mm}^2$, bzw. $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ Querschnittsfläche hergestellt.

Die Festigkeit der Proben wurde im Zugversuch bestimmt. Hierzu wurden die fertigen Flachproben zunächst während 72-96 Stunden bei 20° und 65% relativer Luftfeuchtigkeit klimatisiert und dann in eine Zerreißmaschine eingespannt. Die Zugrichtung verlief parallel zum Kronrand d.h. quer zu den Röhrchen. Bei jeder der so vorbereiteten Kronhornproben wurde die Kraft gemessen, die zum Zerreißen der Probe nötig war. Die Zerreißspannung gibt die pro Flächeneinheit benötigte Kraft an, um die Probe zu zerreißen. Die Zerreißspannung (= Bruchspannung) wird in dieser Arbeit in Kilopond

(kp) pro mm^2 Querschnittsfläche angegeben, wobei 1 kp = 9.81 Newton entspricht.

Nach Erarbeitung einer verfeinerten Methode war es nachträglich noch möglich, aus den vom Versuchsanfang stammenden kurzen Proben Flachproben von 1 mm Dicke und 7 mm Länge mit einem Prüfquerschnitt von $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ herzustellen. Vergleichstests an unverändertem Horn gaben bei normaler Probengrösse (Prüfquerschnitt 4 mm^2) sehr ähnliche Resultate wie bei kleinen Proben mit einem Prüfquerschnitt von 1.5 mm^2 . Daher ist es möglich, die Festigkeitswerte der Proben vom Versuchsanfang mit den Werten der späteren Proben zu vergleichen.

Die zerrissenen Hälften der Flachproben wurden nach dem Zugversuch in Technovit^R (Kulzer) eingebettet. Nach Anfertigen von histologischen Querschnitten durch die Rissstelle und den Einspannbereich konnte noch beurteilt werden, welcher Bereich der histologisch untersuchten Rohprobe im Zugversuch getestet wurde und in welchen Hornstrukturen die Trennung des Materials stattfand (Abb. 25, 35, 36, 42, 44, 47). Weitere Angaben zur Aufarbeitung von Hornproben für Zugversuche und weitere Resultate zur Festigkeit von Hufhorn werden demnächst in einer Arbeit von GEYER, ESSLINGER, WIGET und LEU zusammengestellt und beschrieben.

Die Ergebnisse der Zugversuche an Hornproben der Pferde des Betriebs A und B können wie folgt zusammengefasst werden (Tab. 21 - 22): Die Zerreissspannung von qualitativ gutem Kronhorn ist in der Aussenzone der Hornwand im allgemeinen höher als 6 kp/mm^2 . Bei Zerreissspannungen unter 6, und vor allem unter 5 kp/mm^2 fand man vermehrt histologische Veränderungen in der Bruchzone (Abb. 24, 25, 35, 36, 42).

Waren starke histologische Veränderungen im Probenbereich vorhanden, so gingen diese mit einer deutlichen Erniedrigung der Festigkeitswerte einher. So wurde an der stark veränderten Probe aus der Seitenwand des rechten Hinterhufes von Pferd "Moritz" am Versuchsanfang nur eine Zerreissspannung von 2.87 kp/mm^2 gemessen (Abb. 24 - 25/a). An der am Versuchsanfang hochgradig veränderten Hornprobe vom Huf vorne links dorsal des Pferdes "Otto" betrug die Zerreissspannung sogar nur 1.93 kp/mm^2 (Abb. 34 - 35/a).

In der unterteilten Hornprobe aus der Seitenwand des rechten Hinterhufes von Pferd "Moritz" konnten beide Probenhälften im Zerreissversuch getestet werden. Im stärker veränderten Probenteil (Abb. 23 - 25) war die Festigkeit mit 2.87 kp/mm^2 viel geringer als im weniger veränderten Probenteil, wo die im Zerreisstest geprüfte Flachprobe in einem histologisch kaum veränderten Bereich lag und eine Zerreissspannung von 5.82 kp/mm^2 gemessen wurde. Auch an anderen Hornproben, die nur stellenweise verändert waren, wurden - zusätzlich zu dieser Untersuchung - in den wenig oder unveränderten Bezirken der Proben höhere Festigkeiten gemessen als in den histologisch veränderten Bereichen.

An solchen Stellen, wo niedrige Festigkeitswerte bei einer Probenentnahme gemessen wurden, fand man bei späteren Probenentnahmen häufig wieder niedrige Festigkeiten, so bei "Barrik" und "Nero" hinten rechts dorsal sowie bei "Otto", "Max" und "Nils" je vorne links dorsal (Tab. 21). Die letzte Hornprobe von "Max" vorne links dorsal, hatte eine höhere Zugfestigkeit als die beiden ersten Proben. Wie aus der Fotodokumentation gut zu ersehen war, war diese letzte Probe etwa 2 cm weiter medial als die beiden vorherigen Proben entnommen worden.

Die Proben aus der Seitenwand zeigten oft höhere Zugfestigkeiten als diejenigen der Vorderwände (= Dorsalwände), z.B. bei Pferd "Regent" (Tab. 22). Es fragt sich, ob die Seitenwände solcher Pferde in vivo besser belastbar sind als die Seitenwände von Pferden wie "Prinz", bei welchem nur ähnliche Festigkeiten wie an der Vorderwand gemessen wurden. In der Seitenwand des Hufes wird die Struktur des Kronhorns von aussen nach innen lockerer, da die Röhrchenzahl gegen innen abnimmt und die Markräume der Röhrchen weiter werden. In den Fällen, wo diese Auflockerung der Struktur schon in Nähe der Oberfläche des Horns beginnt, kann sich diese Besonderheit der Struktur auch auf die Ergebnisse der Zerreißversuche auswirken. Wie die Beispiele der Hornproben von vorne links lateral der Pferde "Barrik" und "Max" am Versuchsende zeigen, wurde in den Hornproben vom Versuchsende eine niedrigere Festigkeit gemessen als in Versuchsmitte (Tab. 21). Die histologischen Befunde belegten, dass die zerrissenen Probenhälften bei Versuchsende nur wenig weiter innen lagen, wo das Horn bereits lockerer war als bei den vorhergehenden Proben. Dabei war auch bei der Herstellung der Flachproben am Versuchsende versucht worden, die Aussenfläche der im Zerreißversuch geprüften Proben 1 - 2 mm unter die Kronhornoberfläche zu legen.

Nach den histologischen Kontrollen der Rissstellen verlaufen die Risslinien in den zerrissenen Hornproben häufig entlang der Zellmembranen, zum Teil aber auch mitten durch die Hornzellen. Die Risslinien ziehen vor allem durch das Zwischenröhrchenhorn und entlang der Grenzen der Röhrchenrinden zum Zwischenröhrchenhorn. Diese Beobachtungen sind ein Hinweis dafür, dass die Verbindungen zwischen den Hornzellen im Bereich der Membranen sowie die Qualität der Keratinfilamente im Zellinnern für die Zerreißfestigkeit

des Hornes eine wesentliche Rolle spielen. Die häufigen Risslinien am Uebergang der Röhrchenrinden ins Zwischenröhrchenhorn sind ein Zeichen dafür, dass die beim Pferd oft histologisch sichtbaren Grenzen zwischen Röhrchenrinden und Zwischenröhrchenhorn nicht nur eine morphologische Spielerei sind.

An den beiden Hornproben von vorne links dorsal des Pferdes "Max", die niedrige Festigkeitswerte hatten (Tab. 21), waren histologisch im Bereich der zerrissenen Flachprobe keine Veränderungen nachzuweisen. Lediglich in der Rohprobe waren oberflächennah einige veränderte Kronhornröhrchen zu erkennen, die aber nicht mehr in der zerrissenen Flachprobe enthalten waren. In solchen Fällen ist es denkbar, dass die Verbindung zwischen den Hornzellen zu wenig fest ist, jedoch histologisch noch keine Veränderung an den Zellmembranen sichtbar sind.

Die Zerreissversuche, die an Hornproben von Pferden des Betriebs B nur in Versuchsmitte durchgeführt werden konnten, ergaben bei diesen Pferden (Shires) ähnliche Werte (Tab. 22) wie bei den Tieren des Betriebs A, die zu diesem Zeitpunkt im Mittel zwischen 6 und 7 kp/mm² betrugen. Als Besonderheit ist im Betrieb B das Pferd "Domino" zu erwähnen, das nach Biotinbehandlung von 7½ Monaten in der Hornprobe vom Huf hinten rechts dorsal noch eine Zerreissspannung von nur 3.79 kp/mm² hatte. Das Horn der untersuchten Probe war etwa 3 Monate nach Beginn der Behandlung gebildet worden. Da dieses Pferd an einer chronischen Phlegmone der rechten Hintergliedmasse mit wechselnden klinischen Erscheinungen litt, ist zu erwägen, ob allenfalls auch die Blutzirkulation am Huf oder in bestimmten Hufteilen beeinträchtigt war und zur Bildung einer schlechteren Hornqualität führte.

Bei den mit Biotin behandelten Pferden des Betriebs A waren die niedrigen Festigkeitswerte, die in Hornproben vom Versuchsanfang gemessen wurden, in den Hornproben der entsprechenden Stellen am Versuchsende verschwunden. Die Zerreissspannungen dieser Proben waren am Versuchsende viel höher als zuvor, sie waren aber noch nicht alle im optimalen Bereich, sondern lagen zum Teil noch unter 6 kp/mm^2 . Bei zwei der behandelten Pferde ("Otto" und "Stern") stieg die Festigkeit der Proben zwischen Versuchsmitte und Versuchsende noch deutlich an (Tab. 21).

Die in der Gruppe der unbehandelten Kontrolltiere des Betriebs A gefundenen Festigkeitswerte waren im Durchschnitt schon ab Versuchsanfang höher als in der Gruppe der später behandelten Tiere (Tab. 21). Die Festigkeitswerte zeigen ähnlich wie die makroskopisch-klinischen und die histologischen Hufbefunde, dass die Ausgangslage der Kontrolltiere besser war als die der behandelten Tiere. Während des Versuches kam es auch bei den Kontrolltieren des Betriebs A zu einem Anstieg der Festigkeitswerte der Hornproben. Auf Grund der bis jetzt vorliegenden Kenntnisse kann nicht erklärt werden, worauf dieser Anstieg der Festigkeit der Hornproben zurückzuführen ist, denn eine objektiv erfassbare Verbesserung der Fütterung hatte nicht stattgefunden.

IV. DISKUSSION

Es konnten 3 Schweizer Betriebe gefunden werden, in denen es möglich war, an Pferden, die mit Biotin behandelt wurden, und an unbehandelten Kontrolltieren den Verlauf des Plasma-biotinspiegels und des Hufstatus zu erfassen. Doch waren die Betriebsgrössen bzw. die Zahl der verfügbaren Tiere in diesen Betrieben relativ klein. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war es möglich, mehrere Individuen über lange Zeit zu verfolgen; doch war die Grösse der jeweiligen Tiergruppen nicht gross genug, um bei den Hufbefunden auch statistisch sichere Gruppenvergleiche anzustellen. In den verschiedenen Tabellen wurden daher jeweils die Werte oder Befunde der Einzeltiere zuerst aufgeführt, damit die Individuen möglichst genau verfolgt werden können. Am Schluss jeder Kleingruppe wurden Gruppenmittelwerte angegeben, die es erlauben, die jeweiligen Tendenzen in den Ergebnissen zu erkennen.

Die nach Schweregrad der Hufveränderungen und nach dem Alter der Tiere geplante gleichmässige Verteilung der Versuchstiere auf die Gruppen der mit Biotin behandelten Pferde und die Gruppen der unbehandelten Kontrolltiere liess sich im Betrieb A wegen vorzeitigen Ausfalls von zwei Pferden, die als Kontrolltiere dienen sollten, nicht verwirklichen. Wie die makroskopisch-klinischen Hufbefunde sowie die Ergebnisse der histologischen und physikalischen Untersuchungen von Hornproben belegten, war die Ausgangslage der Hufbefunde in der Gruppe der noch verbleibenden Kontrolltiere beim Versuchsanfang besser als in der Gruppe der später behandelten Pferde.

1. Biotinspiegel des Blutplasmas

Bei den unbehandelten Pferden ist der Biotinspiegel bei durchschnittlich 200 ng/l Plasma sehr niedrig. COMBEN et al. fanden bei Eseln Plasmabiotinspiegel von 158-395 ng/l (Mittelwert 276 ng/l), und WINTZER (1986) erhielt beim Pferd Werte von unter 150 bis 235 ng Biotin/l Plasma. Die von BAKER et al. (1986) im Vollblut bestimmten Biotinspiegel von 310 - 665 (Median: 460) ng/l Vollblut sind mit den eigenen Werten nicht vergleichbar. Bei den Wiederkäuern und beim Schwein liegen die Plasmabiotinspiegel höher als beim Pferd. HURSTEL et al. (1982) fanden beim Kalb Normalwerte zwischen 344 und 743 ng Biotin/l Plasma, und die von SCHULZE (1987) bei Kühen und Ziegen bestimmten Plasmaspiegel lagen in einem ähnlichen Bereich. Beim Schwein sind Plasmaspiegel unter 400 ng/l nach GLAETTLI et al. (1975) bereits als Zeichen eines Biotinmangels anzusehen.

Die niedrigen Biotinspiegel des Pferdes sollten nicht schon prinzipiell als Biotinmangel angesprochen werden. Auch COMBEN et al. (1984a und b) sprechen bei ihren Hufpatienten nicht von einem Biotinmangel. Die niedrigen Plasmabiotinspiegel weisen darauf hin, dass die Pferde bei üblicher Fütterung wenig verfügbares Biotin erhalten, was bei manchen Tieren die Entstehung von Veränderungen am Integument begünstigen könnte. Die tiefen Plasmabiotinspiegel des Pferdes sprechen auch dafür, dass im Falle einer mikrobiellen Biotinsynthese durch die Darmflora, dieses Biotin nicht oder sehr wenig resorbierbar und verfügbar ist.

Wie die Untersuchungen von KOPINSKI und LEIBHOLZ (1985) beim Schwein zeigten, wird oral verabreichtes, synthetisches Biotin im Jejunum gut resorbiert und führt zu einem starken An-

stieg des Plasmabiotinspiegels und zu einer Ausscheidung von etwa 35% des aufgenommenen Biotins im Harn. Nach Verabreichung von synthetischem Biotin über eine Fistel in das Caecum wurde dieses nur schlecht resorbiert. Die Absorption im Dickdarm betrug nur 10 - 15% der Absorptionsrate im Dünndarm nach oraler Biotinapplikation.

Beim Pferd dürfte der rasche Anstieg des Plasmaspiegels, der schon 30 Minuten nach oraler Biotingabe die Höchstwerte erreichte (Abb. 1), die Folge einer schnellen Magenpassage und einer unmittelbar anschliessenden Resorption des Vitamins im Dünndarm sein. Da der Plasmaspiegel während des ersten Tages nach der Applikation schon wieder sehr stark abfällt, erscheint es sinnvoll, das Vitamin mindestens einmal täglich und noch besser zweimal täglich zu verabreichen.

Die monatlichen Kontrollen der Plasmabiotinspiegel sind nur Stichproben. Sie geben trotzdem einen guten Ueberblick über die Zuverlässigkeit der Applikation des Biotins an die zu behandelnden Tiere. Ein Plasmaspiegel von 500 ng/l kann als Grenzwert zwischen unbehandelten Pferden und Pferden mit Biotinzusatz angesehen werden.

2. Wachstum der Hornwand

Das Wachstum der Hornwand war an den Hufen der mit Biotin behandelten Pferde in allen 3 untersuchten Tiergruppen etwa gleich wie bei unbehandelten Tieren (Abb. 2 - 3, Tab. 7 - 9). Ähnlich wie von WINTZER (1986) beschrieben, konnten auch bei den behandelten Pferden dieses Versuchs keine höheren Wachstumsraten als bei den unbehandelten Kontrolltieren gemessen werden. Die Tatsache, dass unter Biotinbehandlung keine Erhöhung der Wachstumsraten stattfand, ist

nicht nur als Nachteil zu bewerten; denn bei Pferden mit guten Wachstumsraten, wie den Tieren des Betriebs A und B, müssten bei erhöhtem Zuwachs die Hufe auch vermehrt beschnitten werden. Bei Pferden mit geringen Wachstumsraten der Hufe wäre eine Erhöhung der Wachstumsraten sehr erwünscht. Doch sind nach den eigenen Erfahrungen solche Pferde viel seltener als diejenigen mit Hufschäden. In allen Fällen ist eine gute Qualität des nachwachsenden Hornes wichtiger als dessen Quantität.

Die mittleren Wachstumsraten der Hornwand von 8-9 mm/28 Tage in den Betrieben A und B liegen in einem ähnlichen Bereich wie die durchschnittlichen Zuwachsraten von 8.8 mm/Monat, die KNEZEVIC (1959) mit Schwankungen von 2-25 mm bei 6 Pferden gemessen hatte.

Das geringe Wachstum der Hornwand der Islandpferde dieses Versuchs mit nur 4-5 mm/28 Tage dürfte rassebedingt sein. Man sollte daher auch bei anderen ausgewachsenen Kleinpferden daran denken, dass die normalen Wachstumsraten gering sein können. Bei den von BUTLER und HINTZ (1977) untersuchten Ponies handelte es sich um Jungtiere, bei denen, ähnlich wie von GEYER (1979) bei Ferkeln beschrieben, ein stärkeres Hornwachstum als bei adulten Tieren zu erwarten ist. Die erwähnten Ponies waren bei Versuchsbeginn 8 Monate alt und wogen etwa 100 kg. Die von BUTLER und HINTZ (1977) ad libitum gefütterten Ponies zeigten ein mittleres Wachstum der Hornwand von 10.8 mm/28 Tage während die restriktiv gefütterten Ponies nur ein Wachstum von 7.1 mm/28 Tage aufwiesen. Eine Verabreichung von Gelatine als Proteinquelle ergab bei diesen Tieren kein verstärktes Hornwachstum.

Bei täglichen Gaben von 20 mg Biotin oder von 20 mg Biotin zusammen mit einem Vitamingemisch, das noch schwefelhaltige Aminosäuren enthielt, beobachtete BIFFIN (1982) an einigen Rennpferden eine Erhöhung der Hornwachstumsrate von 30-40% gegenüber den Vergleichswerten. Unter alleiniger Verabreichung eines Futterzusatzes von Schwefel und schwefelhaltigen Aminosäuren fand BIFFIN (1982) Wachstumsraten der Hornwand, die um 60% höher als die Vergleichswerte waren. Die Zusätze von Schwefel und schwefelhaltigen Aminosäuren sollen jeweils die Bildung des schwefelhaltigen Keratins fördern.

Das Wachstum der Hornwand war an den Hufen aller 3 Gruppen der eigenen Versuchspferde während der Wintermonate leichtgradig vermindert. Eine viel stärkere Abnahme des Hornwachstums der Klauen konnte WHEELER (1972) experimentell bei Schafen erzeugen, indem er sie von einer warmen in eine kalte Umgebung brachte. Die Schafe, die bei Temperaturen zwischen 10 und 28° eine Wachstumsrate der Hornwand um 4mm/28 Tage hatten, zeigten nach Verbringen in eine Umgebung von 0° nur noch Wachstumsraten um 1.2 mm/28 Tage. Nach WHEELER (1972) ist das Wachstum des Hornes von der Klauentemperatur abhängig, die wie er vermutet, hauptsächlich durch den Blutfluss im Klauenbereich beeinflusst wird. Der Blutfluss im Hufbereich dürfte auch beim Pferd für das Hornwachstum von grosser Bedeutung sein. Ausser durch die Umgebungstemperatur wird der Blutfluss im Hufbereich auch stark durch die Bewegung der Tiere beeinflusst.

An der Zehenwand der Vorderhufe von 6 Warmblutpferden, die täglich bis 6 Stunden als Reitpferde arbeiteten, fand WINTZER (1986) monatliche Wachstumsraten von 13 mm. Diese Werte liegen viel höher als die bei den Kalt- und Warmblutpferden des eigenen Untersuchungsgutes gemessenen Wachstums-

raten. Die hohen Wachstumsraten der Pferde von WINTZER (1986) dürften vor allem darauf beruhen, dass diese Tiere mehr und intensiver arbeiteten und es dabei auch zu einer stärkeren Blutzirkulation im Hufbereich kam als bei den eigenen Versuchstieren.

Das Hornwachstum war bei den Pferden des eigenen Untersuchungsgutes sehr ähnlich an der Vorderwand, Seitenwand und Trachtenwand des Hufes (Tab. 10 - 12). Zur Erfassung der Wachstumsrate des Hufhorns eines Pferdes kann man sich daher bei normal proportionierten Hufen auf Messungen an der Vorderwand beschränken. Will man jedoch schon nach kurzer Zeit (z.B. nach 4 Wochen) eine ziemlich verlässliche Kennzahl der Wachstumsrate des Hufhorns eines Pferdes erhalten, so empfiehlt es sich wegen der Messfehler an allen 3 genannten Stellen von 2-4 Hufen zu messen und daraus die durchschnittliche Zuwachsrate zu errechnen.

3. Form und Grösse der Hufe und Huferneuerungszeit

Die Messungen zu Form und Grösse der Hufe sind in der beschriebenen Weise einfach durchzuführen mit einem Zeitaufwand von ca. 15 Minuten (für Messung aller 4 Hufe) pro Pferd. Die erhaltenen Messwerte sind geeignet, eine Vorstellung von der Grössenordnung eines Normalhufes bei einer bestimmten Gruppe oder Rasse von Pferden zu vermitteln sowie beim Einzelpferd auch Veränderungen der Grösse und der Form der Hufe zu objektivieren (Abb. 4 - 6; Tab. 13).

Zur Berechnung der Erneuerungszeit eines Hufes ist es nötig, die Länge der Hornwand und ihre Wachstumsrate zu kennen. Der Quotient aus Vorderwandlänge und Wachstumsrate ergibt die Zeit zur Erneuerung des ganzen Hornschuhs. Teilt man die

Trachtenlänge, die etwa 60% der Vorderwandlänge beträgt, durch die Wachstumsrate, so erhält man die minimale Zeit, die zur Erneuerung der kürzesten (palmaren) Partien der Hornwand nötig ist.

Die Erneuerungszeit des ganzen Hornschuhs kann je nach Wachstumsrate bei ähnlicher Hufgrösse sehr verschieden sein. Bei Warmblutpferden des vorliegenden Versuchs mit einer Wachstumsrate um 8 mm/28 Tage beträgt die Erneuerungszeit ca. ein Jahr. Dagegen ist bei Warmblutpferden mit den von WINTZER (1986) gemessenen Wachstumsraten von 13 mm/Monat der Hornschuh schon nach ca. 8 Monaten erneuert. Es ist daher für den Einzelfall wichtig, dass vom jeweiligen Pferd die Länge und Wachstumsrate der Hornwand gemessen werden, um eine richtige Angabe für die Huferneuerungszeit des betreffenden Pferdes machen zu können. Wenn Veränderungen im proximalen Kronhorn vorliegen, ist es vor allem vor beabsichtigten Behandlungen ratsam, dem Pferdebesitzer realistische und nicht zu kurze Angaben zu machen über die Zeit, die zum Herabwachsen des veränderten Kronhorns bis zum Tragrand und zur Erneuerung des ganzen Hufes gebraucht wird.

Bei Veränderungen am Horn sollte jeweils geprüft werden, wie weit der Defekt vom Tragrand bzw. bei Strahl- und Sohlenveränderungen von deren Oberfläche entfernt ist, um eine korrekte Vorstellung von der Heilungszeit zu erhalten. Strahl- und Sohlenveränderungen können schneller ausgewachsen sein als Veränderungen im proximalen Teil des Kronhorns. Falls es zu Qualitätsverbesserungen in neugebildetem Horn kommt, ist zu beachten, dass das Horn minderer Qualität am Uebergang zum neu gebildeten Horn noch besonders gern ausbricht. Wie die eigenen Untersuchungen zeigten, kann es nahezu ein Jahr oder noch länger dauern bis z.B. ein qualitativ schlechtes

Horn von Kronrandnähe bis zum Tragrand vorgewachsen ist (Abb. 29; Tab. 14). Auch wenn das von proximal nachgeschobene Horn adspektorisch unverändert aussieht, kann es ein Besitzer nur schwer begreifen, dass nach so langer Zeit einer allfälligen Behandlung noch Tragrandausbrüche vorkommen.

Bei Zusammenhangstrennungen in der weissen Linie ist zu bedenken, dass nur die schmalen Hornblättchen weit proximal etwa 2 cm unter dem Kronrand gebildet werden. Das zwischen den Hornblättchen liegende Terminallagehorn entsteht nach BUCHER (1987) erst 2.5 - 3 cm proximal vom Tragrand. Dieses Terminallagenhorn, das etwa 4/5 des Horns der weissen Linie ausmacht, kann daher schon nach 3 - 4 Monaten erneuert sein.

Da von verschiedenen Beobachtern in der Praxis schon Verbesserungen des Hufstatus nach 3 - 4 Monaten Behandlung mit Biotin erwähnt werden, fragt man sich, ob die bei Behandlungsbeginn vorliegenden Veränderungen nur diejenigen Hornpartien betrafen, die nach dieser Zeit schon erneuert sein können.

Bei Epidermisschäden, die bis in die Nähe der Lederhaut reichen, können Reizungen der Lederhaut und Schmerzen entstehen. Durch Neubildung einer gesunden, widerstandsfähigen Epidermis, die die Lederhaut wieder bedeckt, können solche Reizungen nach kurzer Zeit verschwinden.

4. Hufstatus, makroskopisch-klinische Befunde

Der makroskopisch-klinische Befund vermittelt den besten Ueberblick über den Zustand aller 4 Hufe, da jeweils die ganzen Hufe beurteilt werden können. Die Gesamtbeurteilung des Hufstatus eines Pferdes durch eine Note ermöglicht es,

auf einfache Weise eine Besserung oder Verschlechterung der Hufbefunde im Verlauf einer Langzeituntersuchung auszudrücken (Abb. 7; Tab. 14 - 17). Es ist günstig, wenn jeweils derselbe Untersucher beurteilt, damit eine gute Kontinuität in der Beurteilung gewährleistet ist. Die Dokumentation der Hufdefekte durch Einzeichnen in Hufschemas und vor allem die Fotodokumentation sind wichtige Unterlagen, um allfällige Unterschiede zu belegen, da während einer langen Untersuchungs- oder Behandlungszeit der Ausgangszustand leicht vergessen wird.

Bei den mit Biotin behandelten Pferden des Betriebes A besserte sich der Hufstatus deutlich, aber erst nach langer Behandlungsdauer. Adspektorisch war eine regelmässigere Struktur des Kronhorns im proximalen Hufbereich meist nach 6 Monaten festzustellen, die Besserung der Ausbrüche im Tragrandbereich begann erst nach etwa dreiviertel Jahren. Ein befriedigender Hufstatus wurde aber erst nach 12 - 15 Monaten erreicht. Da bei diesen Pferden vor allem Ausbrüche des Kronhorns im Tragrandbereich vorlagen und histologisch auch schon proximal im Kronhorn Veränderungen festzustellen waren, ist gut zu erklären, weshalb es so lange dauerte bis eine Besserung des Zustandes auch im Tragrandbereich sichtbar wurde (Abb. 7; 14 - 25; 28 - 32; 34 - 35).

Auch bei den unbehandelten Kontrolltieren, vor allem beim Pferd "Nils", war während des Versuches eine Besserung des Hufstatus festzustellen. Wie die makroskopischen sowie die histologischen und die physikalischen Untersuchungen belegten, war bei diesem Pferd schon bei Versuchsanfang in der proximalen Hufhälfte ein guter Zustand des Hornes nachzuweisen, während in der distalen Hufhälfte schwere Tragrandausbrüche vorhanden waren (Abb. 38 - 45). Es ist daher schon

bei der makroskopischen Untersuchung der Hufe wichtig, auf Unterschiede im Hufstatus von proximaler und distaler Hufhälfte zu achten. Denn bei der langsam verlaufenden Hornbildung können zu bestimmten Zeiten bessere und dann wieder schlechtere Hornqualitäten gebildet werden.

Bei der makroskopisch-klinischen Beurteilung der Pferde des Betriebs B war am Versuchsende nur beim behandelten Pferd "Monti" eine deutliche Besserung des Hufstatus im Vergleich zum Versuchsanfang zu beobachten. Bei den übrigen Pferden waren keine wesentlichen Veränderungen im Verlauf des Versuches und makroskopisch keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen nachzuweisen. Bei 11-monatiger Versuchsdauer, (wovon die eine Tiergruppe während 8 Monaten Biotin erhielt), muss erwähnt werden, dass die Hufe dieser Tiere am Versuchsende noch nicht ganz erneuert waren. Ausserdem war die Ausgangslage im Hufbefund dieser Pferde wesentlich besser als bei den Pferden des Betriebs A.

Im Betrieb C war bei einem der behandelten Pferde eine deutliche, beim zweiten behandelten Pferd eine mässige Besserung des Hufstatus eingetreten, während der Hufstatus der unbehandelten Kontrolltiere am Versuchsende wieder ähnlich wie am Versuchsanfang war.

Die makroskopisch sichtbare Besserung der Hufbefunde bei den meisten der mit Biotin behandelten Pferden steht im Einklang mit den guten Erfahrungen, über die COMBEN et al. (1984 a und b), HURTIENNE (1985) und WINTZER (1986) berichten, nachdem sie Biotin zur Behandlung von Hufschäden bei Pferden eingesetzt hatten. Dabei weisen COMBEN et al. (1984 a und b) bei einem Shirepferd auch auf die sehr lange Behandlungszeit hin. Die Besserung des Hufstatus beim Pferd durch Anwendung

hoher Dosen von Biotin entspricht auch den Erfahrungen von BROOKS et al. (1977), BROOKS und SIMMINS (1980), TRIEBEL und LOBSIGER (1979), PENNY et al. (1980), de JONG und SYTSEMA (1983) sowie BRYANT et al. (1985), die beim Einsatz von Biotin beim Schwein eine Verbesserung der Klauengesundheit feststellten. Die im Verhältnis zum Körpergewicht errechneten Dosierungen waren aber in den genannten Untersuchungen beim Schwein wesentlich niedriger als in den Versuchen beim Pferd.

5. und 6. Mikroskopischer Bau und Festigkeit von Hornproben

Die histologische und die physikalische Untersuchung von Hornproben sind eine wichtige Ergänzung zu den makroskopisch-klinischen Hufbefunden. Die Entnahme von Hornproben aus dem proximalen Bereich der Hornwand ist dem Tier und Besitzer gegenüber vertretbar. Bei sämtlichen Probeentnahmen kam es 3 Mal beim Herausmeisseln der Probe aus der lateralen Seitenwand zu kleinen Blutungen aus der Lederhaut. In einem dieser Fälle kam es nach etwa 10 Tagen zu einer Nachblutung, die aber durch Anlegen einer Gazekompressen leicht zu beheben war. In keinem Fall wurde durch die Entnahme der Hornproben eine Lahmheit verursacht. Das Acrylharz "Hoof-Repair" hat sich zum Verschluss der Probeentnahmestellen gut bewährt.

Die histologischen und physikalischen Untersuchungen von Hornproben geben einen näheren Einblick über die Art und Auswirkungen von Hufhornveränderungen. Die Untersuchungen sind zwar zeitaufwendig, sie eignen sich aber zur qualitativen Beurteilung des Hornes. Im Unterschied zur makroskopisch-klinischen Befunderhebung, die die ganzen Hufe erfasst, haben Untersuchungen an Hornproben den Nachteil, dass jeweils nur ein kleiner Ausschnitt aus dem Hufhorn geprüft

wird. Die Entnahme der Proben von konstanten Lokalisationen ist daher eine wichtige Voraussetzung für vergleichende Untersuchungen. Die in Zeitabständen von 7 - 8 Monaten wiederholten Probenentnahmen vom lebenden Tier ermöglichten Vergleiche über den Zustand des Hornes zwischen Anfang, Mitte und Ende des Versuchs.

5. Mikroskopische Befunde der Hornproben

Die histologischen Veränderungen, die an Saum- und Kronhorn bereits im proximalen Bereich des Hufes (3 - 4 cm unter dem Kronrand) festgestellt wurden, zeigen vor allem für das Kronhorn, dass die Veränderungen schon an relativ jungem Horn auftreten, das noch nicht sehr weit vom Ort der Entstehung entfernt ist (Abb. 23 - 25; 32; 34 - 35; 41). Dabei ist noch zu erwähnen, dass histologisch erst Veränderungen des Horns erfasst werden, die schon ziemlich weit fortgeschritten sind. Die histologischen Veränderungen waren an den Hornproben meist nur stellenweise neben morphologisch unverändertem Horn nachzuweisen. In ähnlicher Weise wird auch von GEYER et al. (1981 und 1984) sowie von GEYER und TAGWERKER (1986) beschrieben, dass an Klauen von Schweinen unter Biotinmangel oder am Rand von mechanisch bedingten Klauenrissen nur stellenweise histologische Veränderungen des Hornes neben morphologisch unverändertem Horn vorliegen. Auch ROSSKOPF (1986) erwähnt umschriebene Bezirke mit Zerfallerscheinungen zwischen histologisch unverändertem Horn an der Schafklaue.

Durch Zerreissversuche und nachfolgende histologische Untersuchung der Bruchzonen konnte belegt werden, dass die Stellen des Hornes mit histologischen Veränderungen auch verminderte Festigkeiten aufweisen (Abb. 24 - 25; 34 - 35). Diese

Tatsache unterstreicht die Bedeutung der pathologisch-histologischen Befunde im Hufhorn.

Der histologische Befund der Hornproben war übereinstimmend in allen 3 Betrieben bei den behandelten Pferden schon in Versuchsmitte besser als am Versuchsanfang. Zwischen Versuchsmitte und Versuchsende konnte keine weitere Besserung der histologischen Befunde nachgewiesen werden (Tab. 18 - 20; Abb. 23 - 27; 32 - 36). Die bei Versuchsanfang deutlich veränderten Stellen von Hornproben befanden sich in Versuchsmitte und am Versuchsende in einem besseren Zustand als zuvor. Sie waren aber nicht ganz abgeheilt und mikroskopisch noch als "Schwachstellen" zu erkennen. Im Unterschied zu den behandelten Tieren war der histologische Befund der Hornproben von Kontrolltieren im Laufe des Versuches ähnlich der Ausgangslage geblieben oder hatte sich sogar leicht verschlechtert. Die Frage, auf welche Art Biotin den mikroskopischen Bau der Epidermis beeinflusst, soll im Anschluss an die Besprechung der Zerreissversuche diskutiert werden.

6. Festigkeit der Hornproben

Durch die Zerreissversuche an Hornproben aus dem proximalen Kronhorn sollte auch im Rahmen dieser Untersuchung versucht werden, die Hornqualität möglichst objektiv an Hand von Zahlen zu erfassen. Mit der ausgearbeiteten Methode wurde die Zugfestigkeit des Hornes gemessen. Bei der Bearbeitung der Hornproben und der Durchführung der Zerreissversuche wusste der betreffende Mitarbeiter nicht, ob er Proben von behandelten oder unbehandelten Tieren untersuchte. Unter Einhaltung konstanter Bedingungen mit Klimatisieren der Proben vor dem Zerreissen, war es mit der angewandten Methode möglich, zuverlässige und vergleichbare Werte für die Zugfestigkeit

des Horns zu erhalten. Die Zerreißsspannungen von qualitativ als gut eingestuftem Horn betrugen in dieser Untersuchung $6-9 \text{ kp/mm}^2$ (Tab. 21 - 22). Diese Werte liegen bedeutend höher als die von BRUHNKE (1931) gemessenen Zerreißsspannungen, die nur zwischen 1.4 und 2.5 kp/mm^2 lagen.

Verschiedene Autoren versuchten, mit anderen Methoden die Hornqualität zu objektivieren: LEOPOLD (1978), LEOPOLD und PRIETZ (1980) sowie DIETZ und PRIETZ (1981) versuchten durch Abriebtests, Messung des Wassergehalts und durch histologische Untersuchungen die Hornqualität zu erfassen. Dabei wurde an der Vorderwand von Rinderklauen härteres Horn als an deren Seitenwand festgestellt.

Durch Messungen mit dem Härteprüfgerät "Shore", das je nach Härte des Materials verschieden tief in eine Oberfläche eindringt, prüften WEBB und PENNY (1984) und SCHULENBURG (1984) die Härte von Schweineklauen. HUBER et al. (1984) führten Härtemessungen an Rinderklauen durch. Für korrekte Härtemessungen sind möglichst glatte Oberflächen eine Bedingung, die der Pferdehuf ohne vorheriges Abschleifen der Oberfläche nicht gut erfüllt.

Zur Prüfung der Druckfestigkeit führten LANDEAU et al. (1983) und LEACH und ZOERB (1983) an Kronhornproben von Pferdehufen Belastungsversuche aus und errechneten aus den Resultaten den Elastizitätsmodul des Hornes. Nach LEACH und ZOERB (1983) hat die Innenzone des Kronhorns beim Pferd nur eine etwa halb so grosse Druckfestigkeit wie das Kronhorn der Aussenzonen. Auch BUTLER und HINTZ (1979) prüften die Druckfestigkeit des Kronhorns an Ponyhufen. Sie konnten hierbei keine Unterschiede in der Festigkeit des Kronhorns zwischen Tieren mit und ohne Zufütterung von Gelatine (einem eher

schlecht verdaulichen Proteinzusatz) oder in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität finden.

Bei der Entscheidung zwischen Druck- oder Zugversuch zur Prüfung der Festigkeit der Hornproben in der vorliegenden Arbeit, war eines der Hauptargumente gegen den Druckversuch, dass die isolierte Hornprobe in ihrer Querdehnung wesentlich weniger behindert ist als das im Materialverband des unversehrten Hufhorns der Fall ist. Ausserdem sind die physikalischen Grundlagen und die Resultate des Druckversuches gerade auch für Laien wesentlich schwerer verständlich als das beim Zugversuch der Fall ist. Bei den Resultaten des Zugversuches ist die zum Zerreißen einer Probe bestimmter Querschnittsfläche benötigte Kraft eine für jedermann leicht vorstellbare Grösse.

An Schweinen, die mit Biotin supplementiert waren, fanden WEBB und PENNY (1984), dass die Druckfestigkeit des Hornes aus der Seitenwand der Klaue höher war als bei unbehandelten Kontrolltieren. Die im Zugversuch geprüften Hornproben der eigenen Untersuchung zeigten bei den mit Biotin behandelten Tieren des Betriebs A an den Stellen, wo bei Versuchsbeginn sehr niedrige Zerreißspannungen gemessen wurden, am Versuchsende deutlich höhere Festigkeitswerte (Tab. 21). Bei den unbehandelten Kontrolltieren dieses Betriebs stieg die Festigkeit der Hornproben im Verlauf des Versuches ebenfalls an. Die Ursache dieser Verbesserung der Festigkeit an Hornproben der Kontrolltiere ist bis jetzt nicht bekannt.

Bei zwei der mit Biotin behandelten Pferde ("Otto" und "Stern") stieg die Festigkeit der Hornproben zwischen Versuchsmitte und Versuchsende noch deutlich an. Der späte Anstieg der Zerreißspannung wirft die Frage auf, ob die Be-

lastbarkeit des Hornes erst allmählich nach Besserung der histologischen Struktur zunimmt. Bei Behandlungsversuchen sollte man nicht nur die Zeit bis zum Auswachsen von veränderten Stellen berücksichtigen, sondern auch daran denken, dass Strukturverbesserungen am neu gebildeten Horn vielleicht erst nach einer gewissen Behandlungszeit eintreten.

7. Schlussbemerkungen

Nach der Besprechung der Ergebnisse der histologischen und physikalischen Untersuchungen an Hornproben des Biotinversuchs sei die Frage gestellt, welche Wirkung Biotin auf die Epidermis habe. Der Wirkungsmechanismus von Biotin auf die Epidermis ist bis jetzt nicht bekannt. In Kenntnis der Resultate von Mangelversuchen beim Schwein, bei denen es zu Zerfallerscheinungen der Epidermis an der behaarten Haut und an den Klauen kam (GLAETTLI et al. 1975, GEYER et al. 1981, 1984), wäre denkbar, dass Biotin einen zu raschen Zerfall des alternden Horns verhindert oder verzögert. Die Verhinderung oder Verzögerung des Zerfalls von Hornzellen wäre einerseits für die "Schwachstellen" im Horn wichtig, die schon erste histologische Veränderungen erkennen lassen; sie wäre andererseits zur Erhaltung unveränderter Hornzellen von grosser Bedeutung. Eine für die Festigkeit des Hornes wichtige Wirkung wäre auch die Erhaltung der Zellmembranen und ihrer Verbindungen zu den benachbarten Hornzellen.

Die makroskopischen, histologischen und physikalischen Befunde des vorliegenden Versuches an Pferden sprechen dafür, dass die Biotinbehandlung zu einer Verbesserung der Hufhornqualität führte während durch die Behandlung keine Steigerung des Hornwachstums zu erreichen war.

Die Behandlung von Hufveränderungen mit Biotin ist eine Langzeittherapie, bei der von COMBEN et al. (1984 a und b) und WINTZER (1986) sowie in den eigenen Versuchen bisher keine nachteiligen Nebenwirkungen beobachtet wurden.

Die Frage, wie und ob nach Abheilung der Hufveränderungen mit Biotin weiterbehandelt werden soll, ist noch offen. Erste Erfahrungen von COMBEN et al. (1984 a und b) sowie wenige eigene Beobachtungen, weisen darauf hin, dass einige Zeit nach Absetzen der Therapie wieder vermehrt Hufschäden auftreten, was für ein Weiterführen der Behandlung, allenfalls mit reduzierter Dosis, spricht.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In einem Versuch an 18 Pferden aus 3 Betrieben wurden der Einfluss des Vitamins Biotin auf das Wachstum und die Beschaffenheit des Hufhorns sowie der Verlauf des Plasmabiotinspiegels untersucht. Von 18 Pferden, die häufig Tragrandausbrüche hatten, wurden 10 während 8-16 Monaten mit täglichen Biotingaben von 5 mg Biotin/100-150 kg Körpergewicht behandelt; 8 Pferde blieben unbehandelt als Kontrolltiere.

Der Plasmabiotinspiegel von unbehandelten Pferden war mit Werten um 200 ng/l sehr niedrig; 30 Minuten nach oraler Biotingabe waren die Plasmaspiegel am höchsten und fielen in einem Tag stark ab.

Das Wachstum der Hornwand betrug bei Kalt- und Warmblutpferden 8-9 mm/28 Tage, bei den Islandpferden 4-5 mm/28 Tage. Die Wachstumsrate wurde durch Biotinbehandlung nicht erhöht.

Der makroskopische Hufstatus besserte sich deutlich bei den meisten der behandelten Tiere zwischen 9 und 15 Monaten nach Beginn der Behandlung. Die auch bei Kontrolltieren beobachteten Besserungen des Hufstatus waren geringer als bei den behandelten Tieren und konnten teilweise mit einer besseren Ausgangslage bei Versuchsbeginn erklärt werden.

An Hornproben aus dem proximalen Teil der Hornwand wurden histologisch bei den behandelten Pferden am Versuchsanfang häufiger und schwerergradige Veränderungen gefunden als in Mitte und am Ende des Versuchs, während bei den Kontrolltieren der Zustand des Horns ähnlich wie am Anfang blieb.

Die Prüfung der Zugfestigkeit der Hornproben ergab für qualitativ gutes Horn Zerreißsspannungen von 6 Kp und mehr pro mm^2 Querschnittsfläche. Im Bereich von histologisch verändertem Horn war die Festigkeit bis zu Werten von nur 1.9 Kp/ mm^2 erniedrigt. Bei den behandelten Pferden stieg die Festigkeit von Hornproben mit anfänglich niedrigen Werten im Lauf des Versuches deutlich an; auch bei den Kontrolltieren wurden steigende Festigkeitswerte gemessen, deren Ursache bis jetzt nicht erklärt werden kann.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- BAKER, H., M. SANFORD, B. MURPHY, B. DE ANGELIS, S.
FEINGOLD, and O. FRANK, 1986: Blood vitamin and choline concentration in healthy domestic cats, dogs, and horses. Am. J. Vet. Res. 47, 1468-1471.
- BIFFIN, J.R., 1982: Effect of feed supplements on hoof growth in horses. Interner technischer Bericht Roche Products Pty. Ltd., Australien.
- BROOKS, P.H., D.A. SMITH, and V.C.R. IRWIN, 1977: Biotin-supplementation of diets; the incidence of foot lesions, and the reproductive performance of sows. Vet. Rec. 101, 46-50.
- BROOKS, P.H., and P.H. SIMMINS, 1980: Recent findings on the effect of Biotin supplementation on reproductive performance and the maintenance of hoof integrity in the female pig. In WHITEHEAD, C.C., P.H. BROOKS and P.H. SIMMINS: Recent research on the response of poultry and pigs to supplementary Biotin. Proc. Roche Symposium London, Oct. 23.
- BRYANT, K.L., and E.T. KORNEGAY, J.W. KNIGHT, H.P. VEIT, and D.R. NOTTER, 1985: Supplemental Biotin for Swine. III. Influence of supplementation to corn- and wheat-based diets on the incidence and severity of toe lesions, hair and skin characteristics and structural soundness of sows in confinement during four parities. J. Anim. Sci. 60, 154-162.

- BUCHER, K., 1987: Zum mikroskopischen Bau der Epidermis an umschriebenen Stellen des Pferdehufes. Diss. Zürich.
- BUTLER, K.D., and H.F. HINTZ, 1977: Effect of level of feed intake and gelatin supplementation on growth and quality of hoofs of ponies. J. Anim. Sci. 44, 257-261.
- COMBEN, H., R.J. CLARK, und D.J.B. SUTHERLAND, 1984a: Die Verbesserung der Hufhornbeschaffenheit beim Pferd durch hohe Biotinverabreichung im Futter. Arch. Tierärztl. Fortbildg. 8, 401-416.
- COMBEN, H., R.J. CLARK, and D.J.B. SUTHERLAND, 1984b: Clinical observations on the response of equine hoof defects to dietary supplementation with biotin. Vet. Rec. 115, 642-645.
- CUNHA, T.J., D.C. LINDLEY, and M.E. ENSMINGER, 1946: Biotin deficiency syndrome in pigs fed desiccated egg white. J. Anim. Sci. 5, 219-225.
- DIETZ, O., und G. PRIETZ, 1981: Klauenhornqualität-Klauenhornstatus. Mh. Vet. Med. 36, 419-422.
- FRIGG, M., and G. BRUBACHER, 1976: Biotin deficiency in chicks fed a wheat-based diet. Int. J. Vit. Nutr. Res. 46, 314-321.
- GEYER, H., 1979: Morphologie und Wachstum der Schweineklaue. Habilitationsschrift Zürich. Kurzfassung: Schweiz. Arch. Tierheilk. 121, 275-293.

- GEYER, H., J. POHLENZ, und L. VOELKER, 1981: Morphologische und histochemische Untersuchungen von Haut, Schleimhäuten und Klauen bei Schweinen mit experimentellem Biotinmangel. Zbl. Vet. Med. A, 28, 574-592.
- GEYER, H., 1984: Histochemische Untersuchungen an der Klauenepidermis des Schweines. Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol. 13, 120-140.
- GEYER, H., J. SCHULZE, K. STREIFF, F. TAGWERKER, und L. VOELKER, 1984: Der Einfluss des experimentellen Biotinmangels auf Morphologie und Histochemie von Haut und Klauen des Schweines. Zbl. Vet. Med. A, 31, 519-538.
- GEYER, H., and F. TAGWERKER, 1986: The pig's hoof: Its structure and alterations. Hoffmann-La Roche, Basel.
- GEYER, H., V. ESSLINGER, P. WIGET und U. LEU: Untersuchungen zur Zugfestigkeit des Hufhorns beim Pferd. In Vorbereitung.
- GLAETTLI, H.R., J. POHLENZ, K. STREIFF, und F. EHRENSPERGER, 1975: Klinische und morphologische Befunde beim experimentellen Biotinmangel des Schweines. Zbl. Vet. Med. A, 22, 102-116.
- HABERMEHL, K.H., 1984: Haut und Hautorgane. In NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 3, 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

- HUBER, M., F. GRAF, O. DISTL, und H. KRAEUSSLICH, 1984:
Messung morphologischer Klauenparameter an Jungbullen in
der Eigenleistungsprüfung. Züchtungskunde 56, 115-126.
- HURSTEL, O., C.J. ROBERTS, D.G. BAGGOTT, B.C. COOKE, and
P.E. BRUMBY, 1982: Biotin in ruminant nutrition. Procee-
dings of the Roche Vitamin Symposium, London, Nov. 11.
1982.
- HURTIENNE, H., 1985: Therapeutische Anwendung von Biotin bei
Huferkrankungen des Pferdes. Vortrag an Equitana-Fach-
tagung über Pferdekrankheiten. Essen, 8. - 9. März 1985.
- JONG de, M.F., and J.R. SYTSEMA, 1983: Field experience with
d-Biotin supplementation to gilt and sow feeds. Vet.
Quarterly 5, 58-67.
- KNEZEVIC, P., 1959: Untersuchungen über beschleunigende
Wirkung verschiedener Salben auf das Wachstum des Huf-
und Klauenhorns. Wiener Tierärztl. Mschr. 46, 70-92.
- KOPINSKI, J.S., W.L. BRYDEN, and J. LEIBHOLZ, 1982: Biotin
deficiency in the young pig. Proc. Nutr. Soc. Aust. 7.
151.
- KOPINSKI, J.S., and J. LEIBHOLZ, 1985: Post-ileal absorption
of Biotin in the pig. Proc. Nutr. Soc. Aust. 10, (1985).
- LANDEAU, L.J., D.J. BARRETT, and S. BATTERMAN, 1983:
Mechanical properties of equine hooves. Am. J. Vet. Res.
44, 100-102.

- LEACH, D.H., and G.C. ZOERB, 1983: Mechanical properties of hoof wall tissue. Am J. Vet. Res. 44, 2190-2194.
- LEOPOLD, G., 1978: Beziehungen zwischen physikalischen und histologischen Untersuchungsergebnissen von Klauenhornproben für eine objektive Beurteilung der Grossanlagen-tauglichkeit von Rindern. Diss., Humboldt-Universität, Berlin.
- LEOPOLD, G., und G. PRIETZ, 1980: Die Bedeutung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und histologischen Merkmalen für die Erkennung der Klauenhornqualität beim Rind. Mh. Vet.-Med. 35, 173-175.
- NICKEL, R., 1938: Ueber den Bau der Hufröhrchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes. Gegen-baur's Morphol. Jb. 82, 119-160.
- PENNY, R.H.C., R.D.A. CAMERON, S. JOHNSON, P.J. KENYON, H.A. SMITH, A.W.P. BELL, J.P.L. COLE, and J. TAYLOR, 1980: Foot-rot of pigs: The influence of Biotin supplementation on foot lesions in sows. Vet. Rec. 107, 350-351.
- ROMEIS, B., 1968: Mikroskopische Technik. 16. Aufl. Olden-bourg, München, Wien.
- ROSSKOPF, M., 1986: Mikroskopische Anatomie der Klauenepi-dermis des Schafes. Diss. Zürich.
- SCHULZE, J., 1987: Persönliche Mitteilung.

- TAGWERKER, F.J., 1983: Biotin in poultry and swine Nutrition. Feed International, 4, 22-28.
- TAGWERKER, F.J., 1984: Gesunde Schweineklauen - auch ernährungsbedingt. UFA-Revue 6/84, 27-29.
- TRIEBEL, D.F., und B. LOBSIGER, 1979: Vorbeuge gegen Klauenläsionen bei Jungsaunen durch Biotinzulage zum Futter. Kraftfutter 62, 502, 504-505.
- VON DER SCHULENBURG, A., 1984: Klauenhornqualität bei Mast-schweinen. Der praktische Tierarzt 12, 1128-1131.
- WEBB, N.G., R.H.C. PENNY, and A.M. JOHNSTON, 1984: Effect of dietary supplement of biotin on pig hoof horn strength and hardness. Vet. Rec. 25, 185-189.
- WHEELER, J.L., J.W. BENNETT, and J.C.D. HUTCHINSON, 1972: Effect of ambient temperature and daylength on hoof growth in sheep. J. agric. Sci. Camb., 79, 91-97.
- WILKENS, H., 1964: Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufröhrchen. Zbl. Vet. Med. A, 11, 163-234.
- WINTZER, H.-J., 1986: Der Einfluss einer Vitamin-H-Substitution auf Wachstum und Beschaffenheit des Hufhornes. Tierärztl. Praxis 14, 495-500.

VII. TABELLEN 1-22; ABBILDUNGEN 1-47.

Tabelle 1:

Verteilung der Versuchspferde

Betrieb	Rasse und Tierzahl	Tiere mit Biotin- behandlung		Unbehandelte Kontrolltiere	
		Name	Geburtsjahr	Name	Geburtsjahr
A	Belgische	Barrik	1972	(Gerold	1968
	Kaltblüter			† am 26.8. 1985)	
	6	Moritz	1980	Max	1981
	(anfangs 7)	Nero	1976	--	--
		Otto	1977	Nils	1977
	Hannoveraner	Stern	1979	Graf	1979
	2				
B	Shires	Domino	1967		
	5	Monti	1966	Prinz	1970
		Rigo	1980	Regent	1981
C	Island- pferde	Phytur	1972	Bikki	1973
		Vikkingur	1968	Draupnir	1975
	5			Geisli	1972

Tab. 2 : Haltingsbedingungen, Fütterung und Biotindosierung der Versuchstiergruppen

Betrieb, Rasse und Körpergewicht der Pferde	Hal tung	Leistung	Fütterung	Biotindosis* für die behandelten Tiere
A Belgier 800-1000 kg	Stände mit Stroh-einstreu	4 Mal pro Woche am doppel-spännigen Bierwagen à 3-4 km Touren in der Stadt. Schaufahrten an Sommerwochenenden.	10 - 12 kg Heu, ca. 4 kg Hafer oder 2 kg Futterwürfel und 2 kg Hafer, Salzleckstein.	2 x tägl. je 20 mg
A Hannoveraner 550-600 kg	Boxen mit Stroh-einstreu	ca. 2 Std. täglich Arbeit unter dem Reiter.	5 kg Heu, 2 kg Hafer und 3 kg Futterwürfel.	2 x tägl. je 10 mg
B Shires 700-800 kg	Stände mit Stroh-einstreu	5 Mal pro Woche am doppel-spännigen Bierwagen, ca. 5 km pro Tour, oft Trab auf Asphalt. Schaufahrten an Sommerwochenenden.	8 - 10 kg Heu, 6 kg Hafer, 1-2 kg Misch-futter an junge Pferde oder bei viel Arbeit. Im Sommer etwas Gras, im Winter viel Möhren.	2 x tägl. je 15 mg
C Islandpferde 350-400 kg	4 Pferde tagsüber auf Koppel mit Natur-/Kiesboden 1 Pferd ganz-jährig auf Weide	mässiger Einsatz als Reit-pferde in der Freizeit (3-4 Mal pro Woche) altershalber ausser Dienst	im Sommer Heu und Stroh, ab und zu ein Fertig-pressfutter, vor allem an Pferd "Geisli". Weidepferd, das im Winter Heu erhält.	1 x tägl. 15 mg

*Die tägliche Biotindosis entspricht ca. 5 mg Biotin/100-150 kg Körpergewicht

Tab. 3: Verlauf des Plasmabiotinspiegels bei Pferden vor und nach Biotingabe sowie bei unbehandelten

Kontrollieren, Betrieb A

Angaben in ng Biotin/l Plasma

Nachweisgrenze = 150 ng/l; n.n. = nicht nachweisbar = unter 150 ng/l

Applikation einer Halbtagesdosis Biotin am 6.2.1985, 7.05 Uhr.

Belgier: 20 mg, Hannoveraner: 10 mg Biotin per os.

Biotin- ZUSatz am 6.2.85 Pferd 07.05 Uhr		Datum und Zeit												
		5.2. 85			6.2. 85									
Name		05.00	11.00	16.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	15.00	17.00	7.2.85
Barrik	+	177	167	187	n.n.	19150	11667	6100	5200	4140	3613	2893	2790	1243
Moritz	+	177	n.n.	195	268	9117	7683	--	--	--	--	--	--	1547
Nero	+	180	167	173	258	22900	9833	7200	5900	5730	5573	3993	3220	1547
Otto	+	290	182	185	310	20583	10725	7633	6050	6500	4940	4333	3370	1500
Stern ¹	+	n.n.	n.n.	165	183	7500	5100	6592	6067	4960	4260	2800	2452	1007
Graf ¹	-	417	n.n.	150	--	--	--	--	--	--	--	--	--	203
Max	-	n.n.	197	208	265	--	--	--	--	--	--	--	--	223
Nils	-	175	n.n.	182	238	345	223	205	238	220	250	270	270	230
Gerold	-	173	232	217	177	217	160	197	n.n.	n.n.	n.n.	173	207	318

Tab.4: Plasmabiotinspiegel in ng Biotin/l Plasma. Betrieb A

Nachweisgrenze = 150 ng/l;

n.n.= nicht nachweisbar = unter 150 ng/l

Rassen: Belgier, ¹Hannoveraner

Datum	Pferde mit Biotinzusatz ab 6.2.1985					Pferde ohne Biotin- zusatz			
	Barrik	Moritz	Nero	Otto	Stern ¹	Graf ¹	Max	Nils	Gerold
21.11.84	247	n.n.	n.n.	210	183	225	175	213	213
5. 2.85	167	n.n.	167	182	n.n.	n.n.	197	n.n.	232
6. 2.85	19150	9117	22900	20583	7500	310	197	345	217
7. 2.85	1243	1547	1547	1500	1007	203	223	230	318
14. 3.85	3573	7842	3715	4435	2882	257	150	250	217
4. 4.85	5560	4990	5840	6083	3803	155	178	197	170
8. 5.85	3997	2997	3833	5050	3410	n.n.	448	205	457
5. 6.85	5717	5030	5403	4860	4973	n.n.	2685	n.n.	n.n.
3. 7.85	2597	3217	3067	4317	3407	198	218	198	202
31. 7.85	3570	4280	3310	4910	2873	n.n.	1062	n.n.	157
28. 8.85	2967	2723	3413	6437	3737	243	222	328	218
25. 9.85	1533	2057	1100	2017	840	167	170	187	†
23.10.85	1600	1127	1108	2300	1077	168	175	213	
20.11.85	3567	3403	*2993	6320	3743	250	160	217	
18.12.85	3457	4570	5303	4403	3260	285	230	243	
15. 1.86	4707	3293	3190	4493	1813	190	190	213	
13. 2.86	2607	4783	2890	3723	1820	268	265	308	
12. 3.86	4320	198	4133	4993	2890	275	175	3083	
9. 4.86	3420	1363	3200	5850	2437	243	170	270	
7. 5.86	8260	6913	14480	7140	3387	257	220	167	
4. 6.86	4023	4367	3387	13630	1917	208	1188	255	

Tab.5: Plasmabiotinspiegel in ng Biotin/l Plasma, Betrieb B

Nachweisgrenze = 150 ng/l;

n.n. = nicht nachweisbar = unter 150 ng/l

Rasse: Shires

Datum	Pferde mit Biotinzusatz vom 24.4.1985-31.12.1985			Pferde ohne Biotin- zusatz	
	Domino	Monti	Rigo	Prinz	Regent
28.11.84	157	210	217	163	n.n.
15. 4.85	n.n.	n.n.	163	n.n.	173
22. 5.85	14050	7033	5800	n.n.	n.n.
19. 6.85	8120	9470	6900	6155	5270
24. 7.85	-	6493	4040	437	160
23. 8.85	3247	3187	5720	223	217
18.9.85	-	5453	12990	n.n.	n.n.
16.10.85	-	11500	7077	n.n.	188
13.11.85	4007	3767	2630	-	-
4.12.85	-	8410	4567	225	180

Tab.6: Plasmabiotinspiegel in ng Biotin/l Plasma. Betrieb C

Nachweisgrenze = 150 ng/l;

n.n. = nicht nachweisbar = unter 150 ng/l

Rasse: Isländer

Datum	Pferde mit Biotinzusatz ab April 1985		Pferde ohne Biotinzusatz		
	Phytur	Vikkingur	Bikki*	Draupnir	Geisli
21. 3.85	240	223	373	165	263
15. 4.85	2540	3100	395	268	493
14. 6.85	-	-	302	243	208
11. 7.85	3717	3353	527	540	778
9. 8.85	3860	433	2983	330	583
17.10.85	6320	587	198	153	-
14.11.85	670	6137	527	227	-
12.12.85	6250	8410	337	255	1390
9. 1.86	3440	14250	370	342	910
4. 2.86	2223	14950	295	212	372
6. 3.86	5930	14710	295	212	372
3. 4.86	594	19200	2230	188	637
2. 5.86	-	2627	n.n.	n.n.	n.n.
30. 5.86	312	37583	-	-	-
25. 6.86	388	4583	393	238	-

* Die geplante Biotinapplikation an Pferd Bikki wurde vom Stallpersonal nicht ausgeführt, weshalb dieses Pferd als unbehandelt eingestuft wurde.

Tab. 7:

Mittlere Wachstumsraten der Hornwand in Dreimonatsintervallen in mm/28 Tage, Betrieb A

Die Werte sind jeweils Mittelwerte aller Messstellen pro Pferd: $n = 12 \hat{=} 3$ Messstellen an je 4 Hufen; im 1. Intervall $n = 8$, da nur an der Zehenwand (a) und der Seitenwand (e) gemessen wurde. Rasse: Belgier, Hannoveraner

INTERVALLE

Pferd	Biotin-	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
Name	zusatz	13.2.- 8.5.85	8.5.- 31.7.85	31.7.- 23.10.85	23.10.85- 15.1.86	15.1.- 9.4.86	9.4.- 4.6.86	ganze Zeit
Barrik	+	8.6	8.7	8.5	8.5	7.5	8.6	8.4
Moritz	+	7.7	8.6	8.0	7.5	6.8	8.9	7.9
Nero	+	8.7	8.2	8.1	7.7	7.5	7.6	8.0
Otto	+	7.7	7.7	9.1	8.1	8.6	7.5	8.1
Stern ¹	+	8.7	9.2	9.0	6.8	7.1	8.1	8.2
$\bar{X}$ aller Pferde	+	8.3	8.5	8.5	7.7	7.5	8.1	8.1
Graf ¹	-	7.8	8.3	8.0	6.9	7.0	7.1	7.5
Max	-	9.9	9.7	9.7	9.4	8.5	9.1	9.4
Nils	-	9.1	9.6	8.9	8.3	7.8	9.5	8.9
$\bar{X}$ aller Pferde	-	8.9	9.2	8.9	8.2	7.8	8.6	8.6

Tab. 8: Mittlere Wachstumsraten der Hornwand in Dreimonatsintervallen in mm/28 Tage, Betrieb B

Die Werte sind jeweils Mittelwerte aller Messstellen pro Pferd: $n = 12 \pm 3$ Messstellen
an je 4 Hufen. Biotinapplikation vom 24.4.1985-31. 12. 1985.

Rasse: Shires

INTERVALL E

Pferd	Biotin-	1	2	3	4	$\bar{x}$ ganze Zeit
Name	zusatz	24.4.- 24.7.85	24.7.- 16.10.85	16.10.- 8.1.86	8.1.- 19.3.86	
Domino	+	10.9	9.8	9.2	9.4	9.8
Monti	+	9.6	8.5	8.1	8.2	8.6
Rigo	+	9.7	9.3	8.1	8.0	8.7
$\bar{X}$ aller Pferde	+	10.1	9.2	8.5	8.5	9.0
Prinz	-	11.2	9.4	8.8	8.9	9.5
Regent	-	10.1	9.8	8.2	9.0	9.2
$\bar{X}$ beider Pferde	-	10.6	9.6	8.5	9.0	9.4

Tab. 9: Mittlere Wachstumsraten der Hornwand in Dreimonatsintervallen in mm/28 Tage, Betrieb C

Die Werte sind jeweils Mittelwerte aller Messstellen pro Pferd: $n = 12 \hat{=} 3$ Messstellen
an je 4 Hufen. * $n = 8$, Erklärung siehe Tabelle

Rasse: Islandpferde

INTERVALL E

Pferd	Biotin-	1	2	3	4	5	$\bar{x}$
Name	zusatz	11./18.4.- 10.7.85	10.7.- 17.10.85	17.10.85- 9.1.86	9.1.- 3.4.86	3.4.- 25.6.86	ganze Zeit
Phytur	+	4.1	5.2	3.9	4.2	4.2	4,3
Vikkingur	+	5.9*	5.0	4.8	4.0	5.2	4,9
$\bar{X}$ beider Pferde	+	4,9	5,1	4,3	4,1	4,7	4,6
Bikki	-	5.0	5.3	4.4	3.3	4.9	4,6
Draupnir	-	4.7	4.7	4.6	4.4	3.7	4,4
Geisli	-	5.6	4.3	5.0	2.3	-	4,3
$\bar{X}$ aller Pferde	-	5,1	4,8	4,7	3,3	4,3	4,4

Tab. 10: Wachstum der Hornwand an verschiedenen Messstellen in mm/28 Tage, Betrieb A

Wachstumsraten gemessen über die gesamte Versuchsdauer von 15 Monaten

(a,e: vom 13.2.1985 - 4.6.1986; i: vom 8.5.1985 - 4.6.1986) Rasse: Belgier, ¹ Hannoveraner

a = Vorderwand, e = Seitenwand, i = Trachtenwand

Name des Pferdes	Biotin- zusatz	vorne links			vorne rechts			hinten links			hinten rechts			$\bar{x}$ aller 4 Hufe		
		a	e	i	a	e	i	a	e	i	a	e	i	a	e	i
Barrik	+	7.9	8.5	8.6	8.0	8.7	8.7	8.4	7.7	7.4	9.0	9.0	8.5	8.3	8.5	8.3
Moritz	+	8.0	8.2	7.6	7.6	7.9	7.7	8.1	8.1	8.0	8.4	8.3	7.5	8.0	8.1	7.7
Nero	+	7.9	7.4	7.9	7.8	7.0	7.7	8.3	8.4	7.4	9.2	8.4	7.2	8.3	7.8	7.6
Otto	+	8.1	7.9	7.9	8.2	8.1	8.3	8.5	8.8	8.2	8.9	7.8	7.2	8.4	8.2	7.9
Stern ¹	+	8.4	8.3	7.5	8.0	7.8	8.0	8.9	8.0	7.5	9.1	8.0	8.0	8.6	8.0	7.8
$\bar{x}$ aller Pferde	+	8.1	8.1	7.9	7.9	7.9	8.1	8.4	8.2	7.7	8.9	8.3	7.7	8.3	8.1	7.9
Graf ¹	-	7.6	7.7	7.7	6.5	7.4	7.9	8.0	7.3	6.9	8.6	7.5	7.1	7.7	7.5	7.4
Max	-	9.2	9.9	9.3	9.1	9.7	9.4	9.5	9.8	9.2	9.8	8.7	8.5	9.4	9.5	9.1
Nils	-	9.2	8.5	8.8	9.0	9.0	8.8	9.4	8.3	10.3	8.4	9.0	7.8	9.0	8.7	8.9
$\bar{x}$ aller Pferde	-	8.7	8.7	8.6	8.2	8.7	8.7	9.0	8.5	8.8	8.9	8.4	7.8	8.7	8.6	8.5

Tab. 11: Wachstum der Hornwand an verschiedenen Messstellen in mm/28 Tage, Betrieb B

Wachstumsraten gemessen über die gesamte Versuchsdauer von 11 Monaten
(24.4.1985 - 19.3.1986); Biotinapplikation vom 24.4.1985 - 31.12.1985 Rasse: Shires

a = Vorderwand, e = Seitenwand, i = Trachtenwand

Name des Pferdes	Biotin- zusatz	vorne links			vorne rechts			hinten links			hinten rechts			$\bar{x}$ aller 4 Hufe
		a	e	i	a	e	i	a	e	i	a	e	i	
Domino	+	10.4	9.0	10.3	10.0	9.8	9.8	10.7	9.7	9.2	10.5	9.7	8.9	10.4 9.6 9.6
Monti	+	7.7	7.9	9.3	7.6	8.5	11.3	8.8	9.1	7.6	8.6	8.6	8.3	8.2 8.5 9.1
Rigo	+	9.0	8.6	8.9	8.4	9.2	8.9	8.7	8.6	8.2	9.1	9.6	8.2	8.8 9.0 8.6
$\bar{x}$ aller Pferde	+	9.0	8.5	9.5	8.7	9.2	10.0	9.4	9.1	8.3	9.4	9.3	8.5	9.1 9.0 9.1
Prinz	-	10.2	10.8	9.4	8.6	9.9	9.5	9.5	9.1	8.9	9.2	10.2	9.6	9.4 10.0 9.3
Regent	-	8.9	9.7	10.1	9.2	9.9	10.1	9.8	9.1	8.3	9.4	8.7	8.2	9.3 9.4 9.2
$\bar{x}$ beider Pferde	-	9.6	10.3	9.8	8.9	9.9	9.8	9.7	9.1	8.6	9.3	9.5	8.9	9.4 9.7 9.3

Tab. 12: Wachstum der Hornwand an verschiedenen Messstellen in mm/28 Tage. Betrieb C

Wachstumsraten gemessen über die gesamte Versuchsdauer von 14 Monaten
(11./18.4.1985 - 25.6.1986) Rasse: Isländer

a = Vorderwand, e = Seitenwand, i = Trachtenwand

Name des Pferdes	Biotin- zusatz	vorne links			vorne rechts			hinten links			hinten rechts			$\bar{x}$ aller 4 Hufe		
		a	e	i	a	e	i	a	e	i	a	e	i	a	e	i
Phytur	+	5,9	4,4	5,0	4,6	4,6	4,3	4,1	4,3	3,6	4,3	3,5	3,3	4,7	4,2	4,1
Vikkingur	+	5,2	5,8	5,3	5,0	4,8	4,5	5,2	4,8	4,7	4,2	4,6	4,9	4,9	5,0	4,9
$\bar{x}$ beider Pferde	+	5,6	5,1	5,2	4,8	4,7	4,4	4,7	4,6	4,2	4,3	4,1	4,1	4,8	4,6	4,5
Bikki	-	5,0	5,5	4,9	4,7	5,2	5,2	4,1	3,9	4,0	3,9	4,0	4,1	4,4	4,7	4,6
Draupnir	-	4,6	5,1	5,4	4,3	5,1	4,8	4,3	3,8	3,8	3,6	4,1	4,1	4,2	4,5	4,5
Geisli	-	5,2	4,9	5,4	3,9	4,9	5,0	4,1	3,6	3,5	3,7	3,6	3,6	4,2	4,3	4,4
$\bar{x}$ aller Pferde	-	4,9	5,2	5,2	4,3	5,1	5,0	4,2	3,8	3,8	3,7	3,9	3,9	4,3	4,5	4,5

Tab. 13:

Masszahlen zu Form und Grösse der Hufe der untersuchten Pferdeguppen

Die Angaben sind Mittelwerte der bei Versuchsende erhobenen Masse, die mit Ausnahme der Isländer weniger als 4 Wochen nach dem letzten Beschlag erhoben wurden. Die jeweils in der 3. Zeile aufgeführten Richtzahlen sollen eine rasche Orientierung über die Grössenordnung des jeweiligen Masses geben.

Rasse und untersuchte Tierzahl	Lokali- sation und Richtzahlen	Winkel der Hornwand (°)		Länge der Hornwand (mm)		Länge d.hint. Trachtenrandes		Umfang des Hufes (mm)		Eckstre- benweite (mm)	Sohle			
		dors.	lat.	dors.	lat.	lat.	med.	Kronrd.	Tragrd.		Weite	Länge		
		ℓ	β	γ	A	E	F	M	N	K	T	(mm)	W	L
Belgier (8)	Vorderhufe $\bar{x}$	64	81	78	115	131	125	88	84	557	592	120	170	164
	Hinterhufe $\bar{x}$	65	79	82	117	116	115	67	65	557	601	123	159	163
	Richtzahl	65	80	80	120	120	120	75	75	560	600	120	160	160
Shires (5)	Vorderhufe $\bar{x}$	50	63	63	114	118	112	80	80	529	617	105	192	175
	Hinterhufe $\bar{x}$	56	74	75	128	119	114	73	72	538	590	115	170	171
	Richtzahl	55	70	70	120	120	110	75	75	530	600	110	180	170
Hannoveraner (2)	Vorderhufe $\bar{x}$	56	78	77	102	96	97	61	59	401	489	96	142	123
	Hinterhufe $\bar{x}$	52	80	78	110	93	99	54	53	391	470	82	120	126
	Richtzahl	55	80	80	100	100	100	55	55	400	480	90	130	125
Isländer (4)	Vorderhufe $\bar{x}$	48	76	72	88	91	84	53	52	331	401	80	116	106
	Hinterhufe $\bar{x}$	53	73	78	88	81	75	45	45	326	380	80	106	100
	Richtzahl	50	75	75	90	85	80	50	50	330	390	80	110	100

Tab. 14:

Klinische Befunde der Pferdehufe. Betrieb A.

Rassen: Belgier, Hannoveraner. Biotinapplikation ab 6.2.1985

Gesamtnote = zusammenfassende Bewertung der Befunde aller 4 Hufe eines Pferdes.

Benotung: 0 = unverändert, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig, 3 = schwergradig verändert.

Ausbrüche und Risse: Gesamtzahl pro Tier; m-s = mittel- und schwergradige Ausbrüche und Risse, in Gesamtzahl enthalten.

Pferd Name	Biotin- zugabe	Kriterien der Beurteilung	21.1.85	8.5.85	24.7.85	23.10.85	18.12.85	12.2.86	14./21.5.86	4./11.6.86
Barrik	+	Gesamtnote	2	3	2	1.5	1.5	2	2	1.5
		Ausbrüche, Risse	3	5	1	2	0	2	4	3
		davon m-s	2	3	1	0	0	2	2	2
Moritz	+	Gesamtnote	3	2.5	3	1.5	1	0.5	0.5	1
		Ausbrüche, Risse	3	2	5	5	3	0	2	2
		davon m-s	3	2	3	2	1	0	0	1
Nero	+	Gesamtnote	3	2	2.5	2.5	2	1.5	1	1
		Ausbrüche, Risse	7	1	3	5	2	2	2	1
		davon m-s	7	1	3	3	1	2	0	0
Otto	+	Gesamtnote	3	3	3	3	2	2	1	1
		Ausbrüche, Risse	8	6	8	9	5	9	5	2
		davon m-s	8	4	6	7	4	2	0	0
Stern ¹	+	Gesamtnote	2	1.5	3	1	1	0.5	0.5	1
		Ausbrüche, Risse	4	2	6	4	2	1	1	3
		davon m-s	3	1	3	1	2	0	0	1
$\bar{x}$ aller Tiere	+	Gesamtnote	2.6	2.4	2.7	1.9	1.5	1.3	1.0	1.1
		Ausbrüche, Risse	5.0	3.2	4.6	5.0	2.4	2.8	2.8	2.2
		davon m-s	4.6	2.2	3.2	2.6	1.6	1.5	0.4	0.8

Klinische Befunde der Pferdehufe, Betrieb A.

Rassen: Belgier, Hannoveraner. Unbehandelte Kontrolltiere

Gesamtnote = zusammenfassende Bewertung der Befunde aller 4 Hufe eines Pferdes.

Benotung: 0 = unverändert, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig, 3 = schwergradig verändert.

Ausbrüche und Risse: Gesamtzahl pro Tier; m-s = mittel- und schwergradige Ausbrüche und Risse, in Gesamtzahl enthalten.

Pferd Name	Biotin- zugabe	Kriterien der Beurteilung	21.1.85	8.5.85	24.7.85	23.10.85	18.12.85	12.2.86	14./21.5.86	4./11.6.86
Graf ¹	-	Gesamtnote	1.5	1.5	1.5	1.5	2	1	1.5	1.5
		Ausbrüche, Risse	4	3	1	3	3	1	6	3
		davon m-s	1	0	1	2	1	0	2	1
Max	-	Gesamtnote	1	1.5	1.5	1.5	2	1	1	1
		Ausbrüche, Risse	2	3	5	3	4	2	5	2
		davon m-s	0	0	1	2	3	0	0	0
Nils	-	Gesamtnote	3	3	2	1.5	1.5	1.5	1	1.5
		Ausbrüche, Risse	5	6	4	4	4	3	2	4
		davon m-s	3	3	2	1	1	2	0	2
X aller 3 Tiere	-	Gesamtnote	1.8	2.0	1.7	1.5	1.8	1.2	1.2	1.2
		Ausbrüche, Risse	3.7	4.0	3.3	3.3	3.7	2.0	4.3	3.0
		davon m-s	1.3	1.0	1.3	1.7	1.7	0.7	0.7	1.0
Gerold	-	Gesamtnote	3	2	3	3				
		Ausbrüche, Risse	5	3	4	5				
		davon m-s	4	0	2	3				
† 26.8.85										

Tab. 16:

Klinische Befunde der Pferdehufe, Betrieb B.

Rasse: Shires. Biotinapplikation: 24.4.1985 - 31.12.1985. Angaben zur Bewertung siehe Tabelle 15.

Pferd Name	Biotin- zugabe	Kriterien der Beurteilung	24.4.85	24.7.85	16.10.85	8.1.86	5./19.3.86
Domino	+	Gesamtnote	1	1	1	1	1.5
		Ausbrüche, Risse	0	2	3	2	3
		davon m-s	0	1	1	1	2
Monti	+	Gesamtnote	2.5	2	2	1.5	1.5
		Ausbrüche, Risse	8	3	4	1	3
		davon m-s	1	1	2	0	1
Rigo	+	Gesamtnote	1	1	1.5	1	1
		Ausbrüche, Risse	3	1	1	3	3
		davon m-s	0	0	1	2	0
aller Tiere	+	Gesamtnote	1.5	1.3	1.5	1.2	1.3
		Ausbrüche, Risse	3.7	2.0	2.7	2.0	3.0
		davon m-s	0.3	0.7	1.3	1.0	1.0
Prinz	-	Gesamtnote	1.5	1.5	1.5	1	1.5
		Ausbrüche, Risse	1	3	6	2	3
		davon m-s	1	1	1	0	2
Regent	-	Gesamtnote	1	1.5	1	1	1
		Ausbrüche, Risse	3	4	2	4	2
		davon m-s	0	1	0	0	2
beider Tiere	-	Gesamtnote	1.3	1.5	1.3	1.0	1.3
		Ausbrüche, Risse	2.0	3.5	4.0	3.0	2.5
		davon m-s	0.5	1.0	0.5	0	2.0

Tab. 17:

Klinische Befunde der Pferdehufe, Betrieb C.

Rasse: Isländer. Biotinapplikation ab April 1985. Angaben zur Bewertung: siehe Tabelle 15.

Pferd Name	Biotin- zugabe	Kriterien der Beurteilung	11./18.4.85	10.7.85	17.10.85	12.12.85	3.4.86	25.6.86
Phytur	+	Gesamtnote	2.5	2.5	1.5	0.5	-	1
		Ausbrüche, Risse	5	8	4	1	-	3
		davon m-s	5	4	3	0	-	1
Vikingur	+	Gesamtnote	1.5	2	1.5	2	2	1
		Ausbrüche, Risse	2	4	0	6	5	2
		davon m-s	2	1	0	4	3	0
beider X Tiere	+	Gesamtnote	2	2.3	1.5	1.3	-	1.0
		Ausbrüche, Risse	3.5	6	2	3.5	-	2.5
		davon m-s	3.5	2.5	1.5	2	-	0.5
Bikki	-	Gesamtnote	2.5	0.5	1.5	1.5	1.5	2.5
		Ausbrüche, Risse	6	1	4	2	3	12
		davon m-s	6	1	3	1	3	4
Draupnir	-	Gesamtnote	2	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5
		Ausbrüche, Risse	7	2	2	1	1	5
		davon m-s	3	2	2	1	1	1
Geisli	-	Gesamtnote	1.5	0.5	-	1.5	0.5	-
		Ausbrüche, Risse	4	0	-	5	1	-
		davon m-s	2	0	-	1	1	-
aller X Tiere	-	Gesamtnote	2.0	0.8	1.5*	1.5	0.8	2.0*
		Ausbrüche, Risse	5.7	1.0	3.0*	2.7	1.7	8.5*
		davon m-s	3.7	1.0	2.5*	1	1.7	2.5*

* n = 2

Tab. 18:

Bewertung der histologischen Befunde der Hornproben. Betrieb A

I Probe vom Versuchsanfang (6./13.2.1985)

II Probe von Versuchsmitteln (25.9./2.10.1985)

III Probe vom Versuchsende (14./21.5.1986)

Rasse: Belgier, ¹Hannoveraner

Benotung: 0 = unverändert, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig, 3 = schwergradig verändert

Pferd	Biotin-	vorne links dorsal			vorne links lateral			hinten rechts dorsal			hinten rechts lateral			$\bar{x}$ aller Proben		
Name	zusatz	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Barrik	+	1.5	1	0.5	1.5	1	1.5	2	2	1.5	0.75	0.5	0.5	1.44	1.13	1
Moritz	+	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1	2	1	1.5	3	1	0.5	2	0.75	0.88
Nero	+	2	1.5	1.5	1	1	1	2	1.5	1.5	1	0.5	0.5	1.50	1.13	1.13
Otto	+	3	--	2	1	0.5	0.5	2	1	1	1.5	1	0.5	1.88	0.83	1
Stern ¹	+	1.5	1	1	1	0.5	0.5	1.5	1.5	1	0.5	0.75	0.5	1.13	0.94	0.75
$\bar{x}$ aller Tiere +		1.90	1.0	1.10	1.20	0.70	0.90	1.90	1.40	1.30	1.35	0.75	0.5	1.59	0.96	0.95
Graf ¹	-	0.5	0.5	1	0.5	1	--	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	0.5	0.63	0.67
Max	-	1	2	1	0.5	0.75	0.75	1.5	2	1	1	1	1	1.0	1.44	0.94
Nils	-	1	1.5	2	0.5	0.5	0.75	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.63	0.75	1.06
$\bar{x}$ aller Tiere -		0.83	1.33	1.33	0.50	0.75	0.75*	0.83	1.0	0.83	0.67	0.67	0.67	0.71	0.94	0.89

Tab. 19:

Bewertung der histologischen Befunde der Hornproben. Betrieb B

I Probe vom Versuchsanfang (24.4.1985)

Rasse: Shires

II Probe von Versuchsmitte (4.12.1985)

Benotung: 0 = unverändert, 1 = leichtgradig, 2 = mittelgradig, 3 = schwergradig verändert.

Pferd Name	Biotin- zusatz	vorne links dorsal		vorne links lateral		hinten rechts dorsal		hinten rechts lateral		$\bar{x}$ aller Proben	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Domino	+	1.5	1.5	1.5	1	2	1.75	1	0.5	1.50	1.19
Monti	+	1.5	1.5	1	-	1.5	1	1	0.5	1.25	1.0
Rigo	+	1	1.5	0.5	0.5	1.5	1	1.5	1	1.13	1.0
$\bar{x}$ aller Pferde	+	1.33	1.5	1.0	0.75	1.67	1.25	1.17	0.67	1.29	1.06
Prinz	-	1	1	2	1	0.5	1	1.5	2	1.25	1.25
Regent	-	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.75	0.75
$\bar{x}$ beider Pferde	-	0.75	0.75	1.25	0.75	1.0	1.25	1.0	1.25	1.0	1.0

Bewertung der histologischen Befunde der Hornproben, Betrieb C

$$2 \pi^*$$

Tab. 21:

Festigkeit der Hornwand der Pferde von Betrieb AZerreissspannung der Hornproben in kp/mm²

I Versuchsbeginn 13.2.1985

II Versuchsmitte 25.9./2.10.1985

III Versuchsende 14./21.5.1986

Rasse: Belgier, ¹ HannoveranerPrüfquerschnitt: *1.5 mm², im übrigen 4 mm².

Pferd	Biotin-	vorne links dorsal			vorne links lateral			hinten rechts dorsal			hinten rechts lateral			$\bar{x}$	aller	Proben		
Name	zusatz	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Barrik	+	--- ^a	5.10	6.49	6.58*	7.26	5.28	--	4.51	5.40	--	7.29	>	6.26	--	6.04	>	5.86
Moritz	+	--	6.93	6.72	6.21	7.64	6.98	5.33*	6.18	6.40	2.87* ^b 5.82*	7.01	7.57	5.06*	6.94	6.92		
Nero	+	--	5.23	6.87	--	7.51	6.80	4.91*	--	5.52	--	6.82	7.54	--	6.52	6.68		
Otto	+	1.93*	5.10	5.73	6.06*	6.38	8.10	5.55*	6.44	6.36	--	6.82	7.78	4.51*	6.19	6.99		
Stern ¹	+	5.57*	5.86	6.72	7.52*	6.85	7.96	--	5.81	6.90	6.37*	6.86	7.76	6.49*	6.35	7.34		
$\bar{x}$	+	3.75*	5.64	6.51	6.59*	7.13	7.02	5.26*	5.74	6.12	5.02*	6.96	7.38	5.39*	6.40	6.76		
aller Tiere																		
Graf ¹	-	6.20*	7.77	8.13	6.60*	7.28	--	--	7.11	8.03	--	8.81	8.10	6.40*	7.74	8.09		
Max	-	4.04*	3.00	5.98	--- ^c	7.00	5.79	--	5.06	5.35	--	6.77	7.23	--	5.46	6.09		
Nils	-	5.37*	6.30	5.59	7.27*	8.17	8.78	--	7.38	7.55	--	7.44	7.90	6.32*	7.32	7.46		
$\bar{x}$	-	5.20*	5.69	6.57	6.94*	7.48	7.29	--	6.52	6.98	--	7.67	7.74	5.90*	6.84	7.13		
aller Tiere																		

Bemerkungen: a Bruch beim Belasten. b Doppelprobe; Einzelprobe von hinten links lateral mit ähnlichen histologischen Veränderungen wie rechts: 2.69 kp/mm². c Hornprobe von vorne rechts lateral: 6.84 kp/mm²

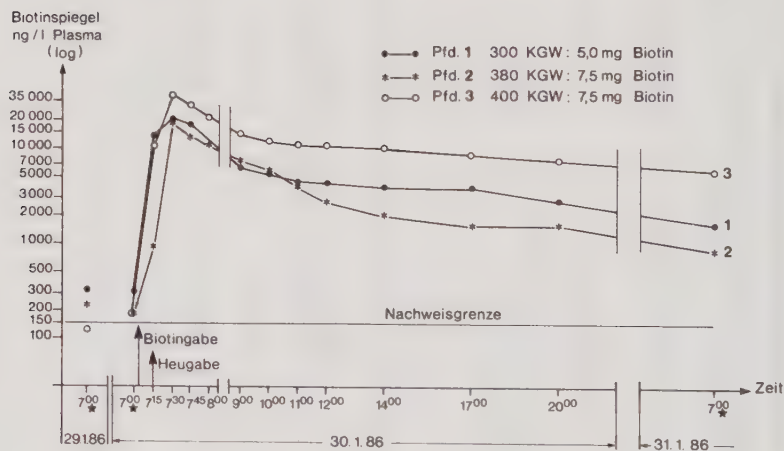
Festigkeit der Hornwand der Pferde von Betrieb BZerreissspannung der Hornproben in kp/mm^2

Proben vom 4.12.1985 nach 7 1/2 Monaten Behandlungsdauer der Tiere mit Biotinzugabe.
Der Zeitpunkt der Probenentnahme entspricht der Mitte der geplanten Versuchsdauer.

Rasse: Shires. Prüfquerschnitt der Proben: 4 mm^2 . ** nur 2 Werte.

Pferd Name	Biotin- zusatz	vorne links dorsal	vorne links lateral	hinten rechts dorsal	hinten rechts lateral	$\bar{x}$ aller Proben
Domino	+	5.35	8.68	3.79	7.54	6.34
Monti	+	6.53	--	6.57	--	6.55**
Rigo	+	5.43	7.75	5.42	7.25	6.46
$\bar{x}$ aller Tiere	+	5.77	8.21	5.26	7.40	6.43
Prinz	-	6.62	6.74	6.52	6.52	6.60
Regent	-	6.35	7.15	5.52	8.61	6.91
beider $\bar{x}$ Tiere	-	6.49	6.95	6.02	7.57	6.75

Abb 1 Verlauf des Plasmabiotinspiegels von drei Pferden vor und nach per-oraler Biotingabe



★ Nüchternwerte

Abb. 2 **Mittlere Wachstumsraten der Hornwand in Dreimonatsintervallen
Betrieb A**

Rassen: Belgier, Hannoveraner (1)

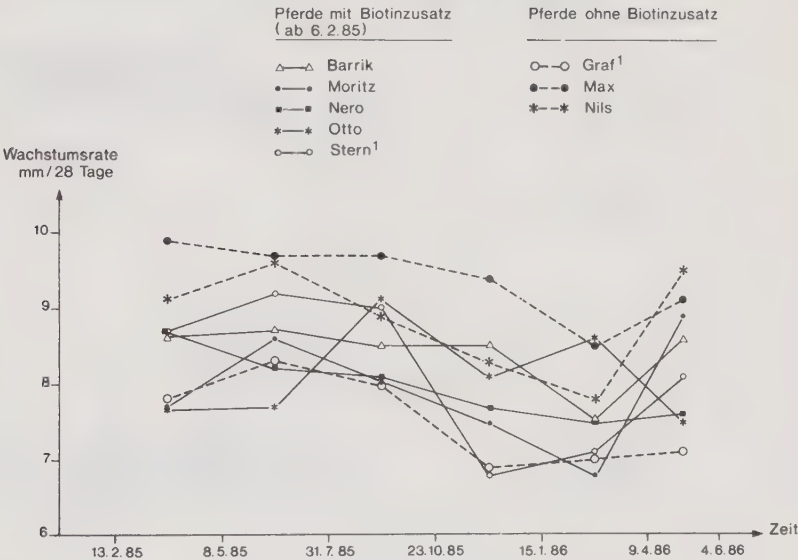
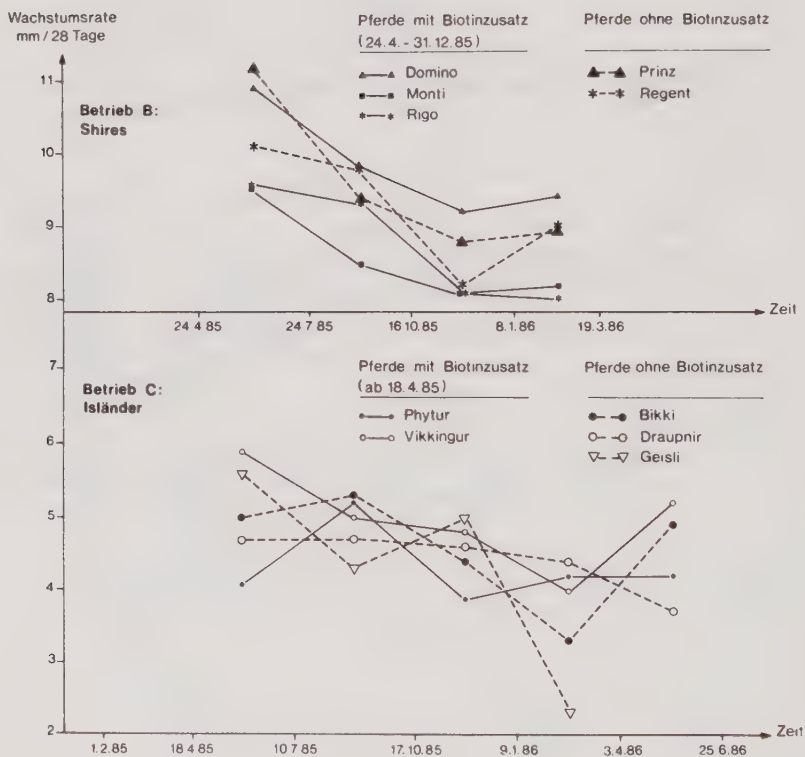
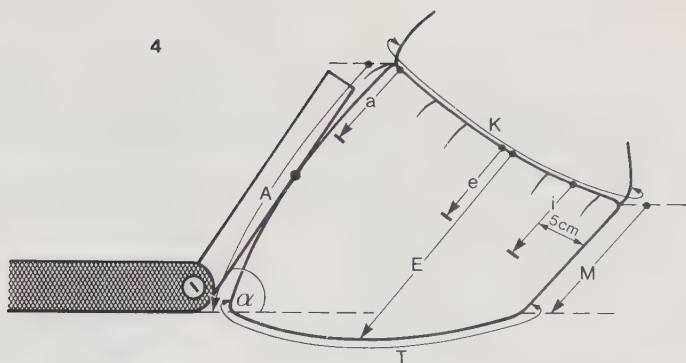


Abb 3

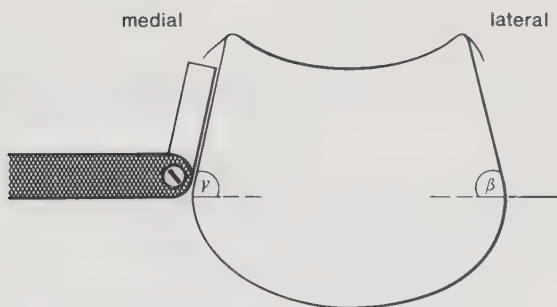
Mittlere Wachstumsraten der Hornwand in Dreimonatsintervallen Betrieb B und C



4



5



6

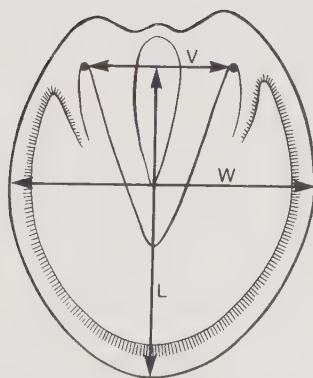


Abb. 4: Messstellen für Hornwachstum und Hufgrösse beim Pferd. Schematisierte Lateralansicht. Die gestrichelte Linie am Winkelmass zeigt die Bodenfläche an. a-i: Messung des Hornwachstums an der Vorderwand (a), der Seitenwand (e) und der Trachtenwand (i). A Länge der Vorderwand; E Länge der lateralen Seitenwand; M Länge des hinteren Trachtenrandes; K Umfang des Hufes am Kronrand; T Umfang des Hufes am Tragrand. α Winkel zwischen Vorderwand und Bodenfläche.

Abb. 5: Messung der Winkel zwischen den seitlichen Hornwänden und der Bodenfläche. Schematisierte Dorsalan-
sicht. Die Geraden zeigen die Bodenfläche an.

β Winkel zwischen lateraler Seitenwand und Bodenfläche; γ Winkel zwischen medialer Seitenwand und Bodenfläche.

Abb. 6: Messstellen an der Palmar- oder Plantarseite des Hufes. Schematisierte Ansicht der Sohlenfläche. V Eckstrebenweite; W Sohlenweite; L Sohlenlänge.

Bewertung der klinischen Hufbefunde der Pferde von Betrieb A

2 = mittelgradig, 3 = schwergradig verändert.

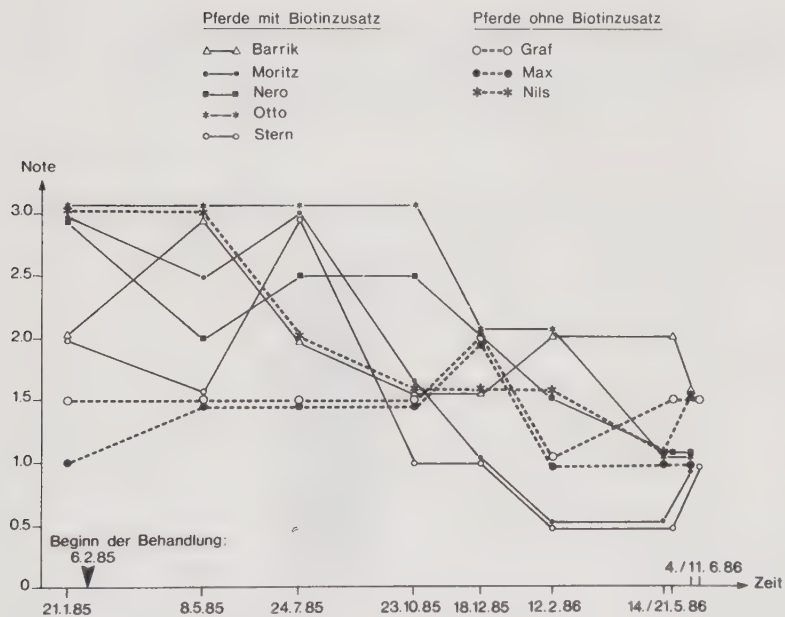


Abb. 8-12: Entnahme von Hornproben am lebenden Pferd,
schematische Zeichnungen.

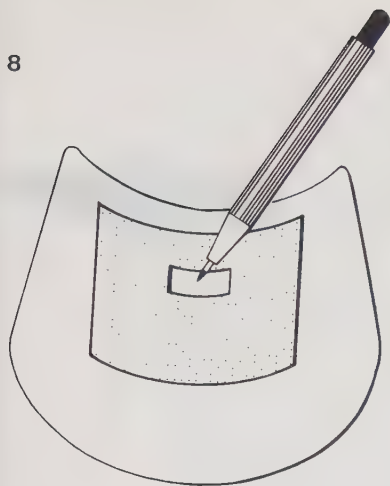
Abb. 8: Anzeichnen der Entnahmestelle dorsal.

Abb. 9: Eingezeichnete Entnahmestelle lateral mit Angaben
zur Lage und Grösse der Probe.

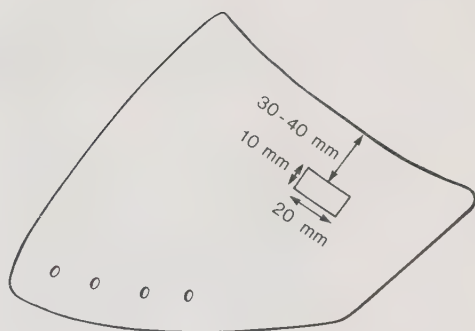
Abb. 10: Sägeschnitt proximal. Anschliessend distaler
Sägeschnitt sowie vertikales Einfräsen einer
Vertiefung zum Einsetzen des Meissels,
siehe Abb. 11-12.

Die Legenden zu Abb. 11 und 12 finden sich auf der Rückseite
dieser Abbildungen.

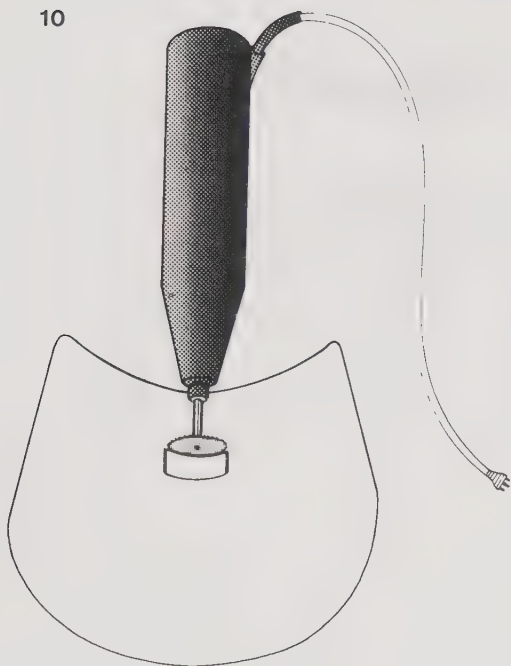
8



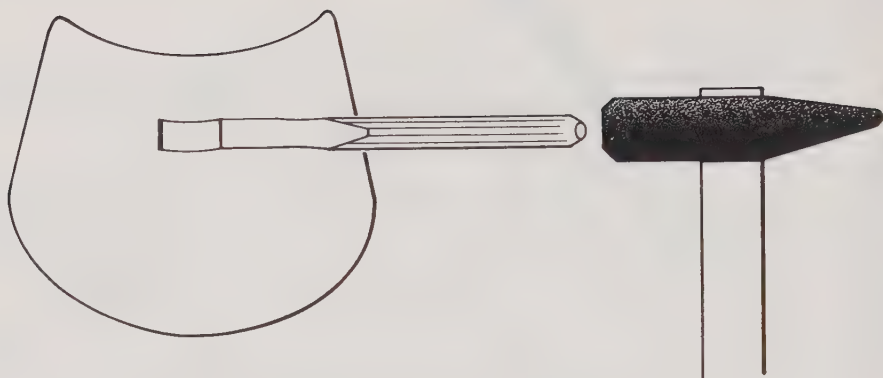
9



10



11



12

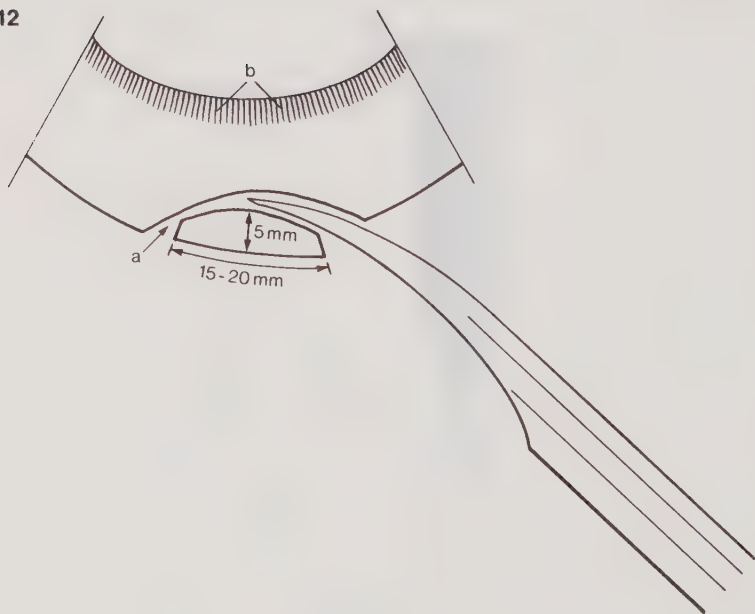


Abb. 11: Einsetzen des Meissels zum Heraus"schneiden"
der Probe.

Ab. 12: Schematisierter Querschnitt durch die dorsale Horn-
wand beim Abtrennen der Probe mit dem schneiden-
den Meissel, der nach der Fläche gekrümmt ist.
a eingefräste Kerbe zur Schonung des äusseren
Probenteils und als Bett zum Einführen des Meissels;
b Horn- und Lederhautblättchen.



Abb. 13: Die Pferde des Betriebs A nach Versuchsende am 2.7. 1986. Von links nach rechts: Nils, Otto, Barrik, Nero, Moritz, Max; Stern und Graf.

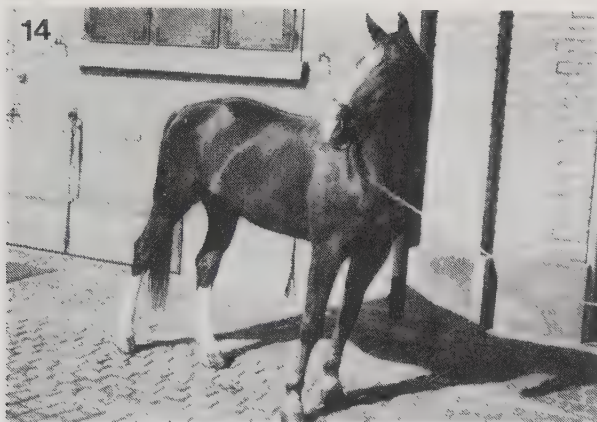


Abb. 14-18: Pferd "Stern", Hannoveraner, und dessen Hufe. Biotinbehandlung ab 6.2. 1985.

Abb. 14: Aufnahme am 5.6. 1985.

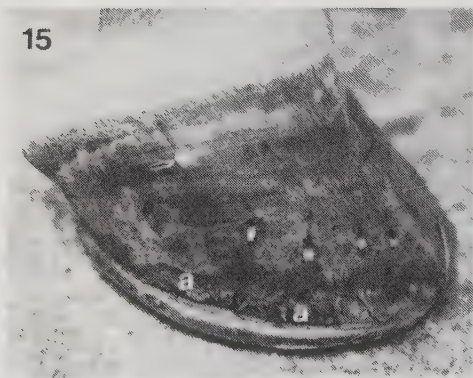


Abb. 15: "Stern", Huf vorne rechts lateral mit schwerem Ausbruch (a) am Tragrand. Aufnahme vom 31.7. 1985, 5 1/2 Monate nach Beginn der Biotinbehandlung.

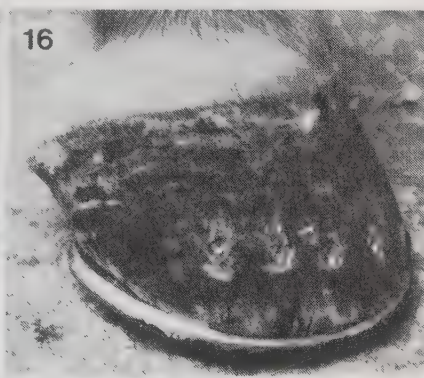


Abb. 16: Derselbe Huf wie in Abb. 15 am 11.6. 1986, 16 Monate nach Beginn der Behandlung.



Abb. 17: "Stern", Huf hinten rechts lateral am 23.1. 1985 vor Beginn der Behandlung mit schwerem Ausbruch (a) am Tragrand.

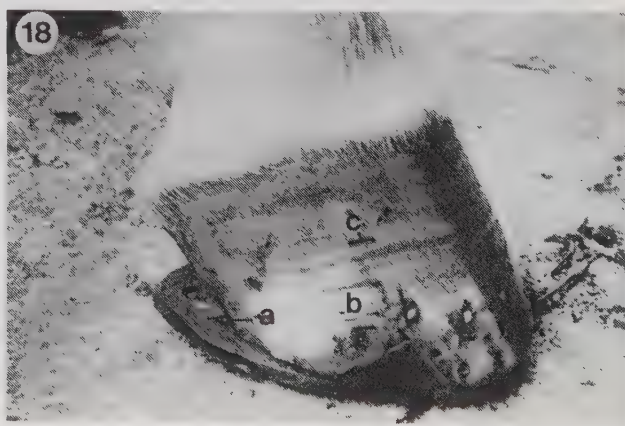


Abb. 18: "Stern", Huf hinten rechts lateral am 12.2. 1986, 1 Jahr nach Beginn der Behandlung. Nur noch ein leichter Ausbruch (a) palmar am Tragrand.

b Stelle der Hornprobenentnahme vom 2.10. 1985, mit Acrylharz verschlossen; c Rinne zur Messung des Hornwachstums.



Abb. 19-27: Pferd "Moritz", Belgier, und dessen Hufe.
Biotinbehandlung ab 6.2. 1985.

Abb. 19: Aufnahme am 2.7. 1986.

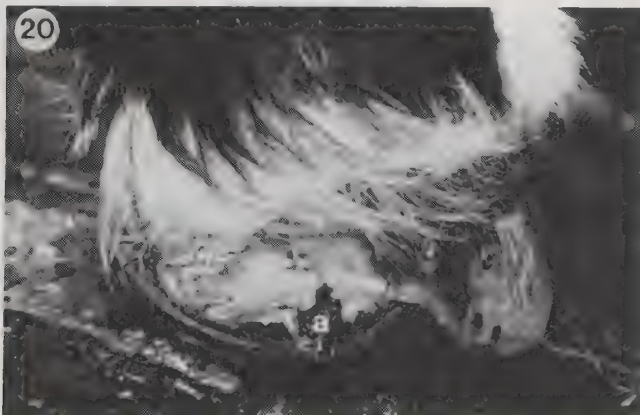


Abb. 20: "Moritz", Huf hinten rechts lateral am 23.1. 1985
vor Beginn der Behandlung. Der Huf zeigt einen schweren
Ausbruch (a) am Tragrand.

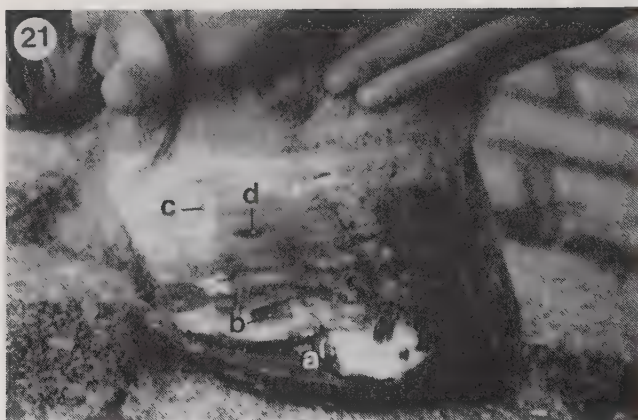


Abb. 21: "Moritz", Huf hinten rechts lateral am 31.7. 1985, 5 1/2 Monate nach Beginn der Behandlung.

a schwerer Ausbruch; b Entnahmestellen der Hornproben vom 13.2. 1985; c Längsrinne im Trachtenbereich; d Rinne zur Messung des Hornwachstums.

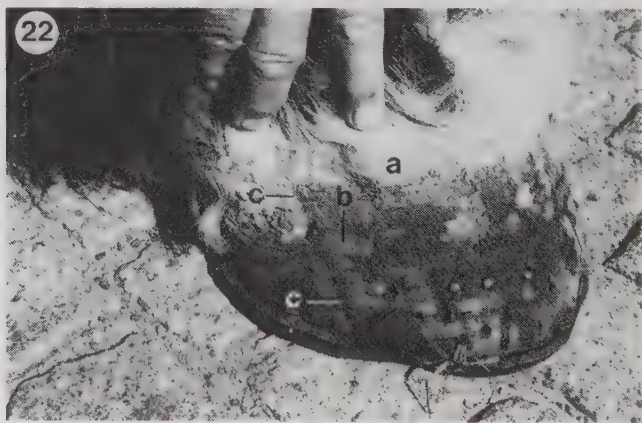


Abb. 22: "Moritz", Huf hinten rechts lateral am 2.7. 1986, 17 Monate nach Beginn der Behandlung. Der Tragrand zeigt keinen Ausbruch mehr. Das Saumhorn (a) ist noch leicht rauh.

b Entnahmestelle der Hornprobe vom 14.5. 1986, mit Acrylharz verschlossen; c Längsrinne im Trachtenbereich.

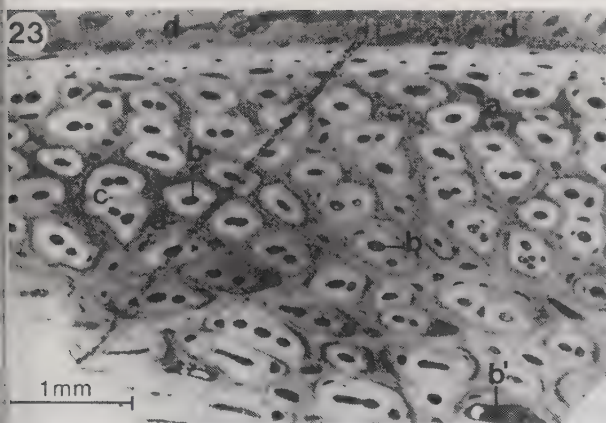


Abb. 23: "Moritz", Huf hinten rechts lateral. Querschnitt durch die Hornprobe vom 13.2. 1985 mit schweren Veränderungen im grössten Teil des Präparates. Gefrierschnitt, Alcianblau-PAS.

a-c Kronhorn; a Zwischenröhrenhorn, stark verändert; b Röhrrchen mit mässig, b' mit stark erweiterten Markräumen; c Röhrrchenpaar wie in Abb. 24, 25; d Saumhorn.

Abb. 24: Ausschnitt aus dem Präparat von Abb. 23.

a verändertes Zwischenröhrenhorn mit stark rot gefärbten (PAS-positiven) Zellgrenzen und einer Anhäufung von Zellkernresten (b); c Röhrrchenpaar; d Röhrrchenrinden; e mässig erweiterte Markräume.

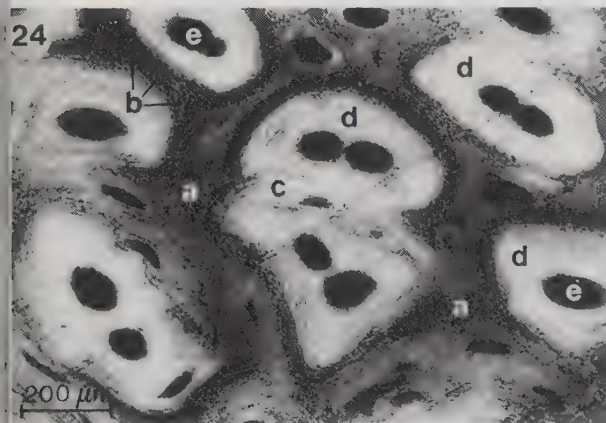
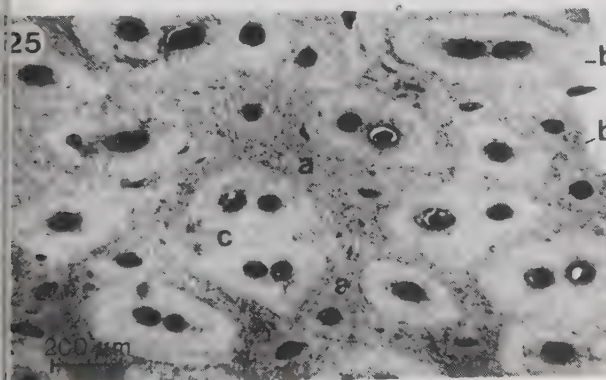


Abb. 25: Querschnitt durch die Rissstellen und den Einspannbereich der zerrissenen Flachprobe, die aus derselben Hornprobe angefertigt wurde wie der Gefrierschnitt in Abb. 23-24. Acrylateinbettung, Alcianblau-PAS.

Das Wiederfinden derselben Röhrrchen wie in den Abb. 23-24 belegt, dass der mikroskopisch veränderte Bereich auch in der mechanisch belasteten Probe vorhanden war, die eine Zerreissspannung von nur 2.87 kp/mm^2 aufwies.



a verändertes Zwischenröhrenhorn, dessen Zellgrenzen sich wegen der geringen Schnittdicke von nur $4 \mu\text{m}$ nur wenig mehr anfärben als im übrigen Horn im Unterschied zu den ca. $12 \mu\text{m}$ dicken Gefrierschnitten in Abb. 23-24; b Rissstelle; c dasselbe Röhrrchenpaar wie oben.

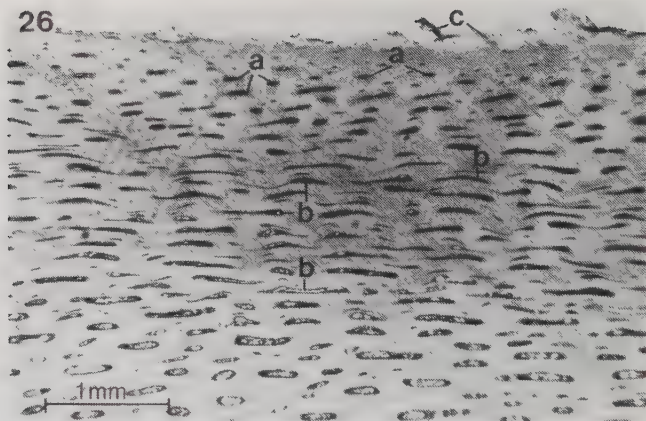


Abb. 26: "Moritz", Huf hinten rechts lateral. Querschnitt durch die Hornprobe vom 14.5. 1986 mit gutem histologischem Befund und hoher Festigkeit. Zerreissspannung 7.57 kp/mm^2 . Gefrierschnitt, Alcianblau-PAS, wie auch in den folgenden Bildern, falls nichts anderes erwähnt ist.

a-b Kronhorn mit zahlreichen englumigen Röhrchen pro Flächeneinheit, a oberflächliche, meist quer getroffene Röhrchen; b enge Markräume von schräg verlaufenden Röhrchen; c Reste von Saumhorn.

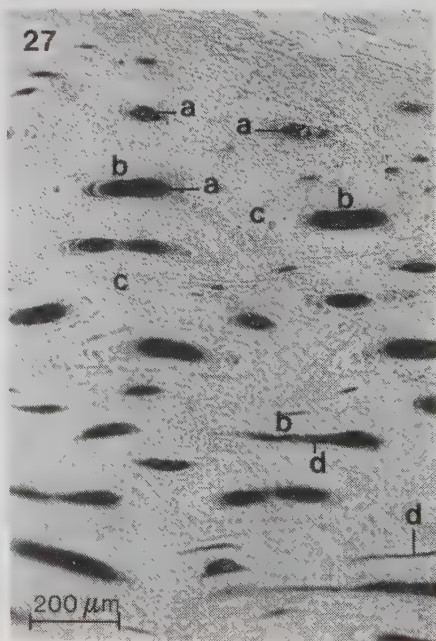


Abb. 27: "Moritz", Huf hinten rechts lateral. Ausschnitt vom selben Präparat wie Abb. 26. Kronhorn mit gutem histologischem Befund.

a oberflächlich liegende Röhrchen; b unveränderte Rinden; c unverändertes Zwischenröhrchenhorn; d enge Markräume von schräg verlaufenden Röhrchen.



Abb. 28-36: Pferd "Otto", Belgier, und dessen Hufe. Biotinbehandlung ab 6.2. 1985.

Abb. 28: Aufnahme am 2.7. 1986.



Abb. 29: "Otto", Huf hinten rechts medial mit schwerem Ausbruch (a) am Tragrand. Aufnahme am 2.10. 1985, 8 Monate nach Beginn der Biotinbehandlung.



Abb. 30: "Otto", Huf hinten rechts dorsolateral am 2.7. 1986, 17 Monate mit Biotin behandelt.

a Entnahmestelle der Hornprobe vom 14.5. 1986, mit Acrylharz verschlossen.



Abb. 31: "Otto", Huf hinten rechts medial am 11.6. 1986, 16 Monate mit Biotin behandelt. Der Huf zeigt nur noch einen leichten Haarriss (a).

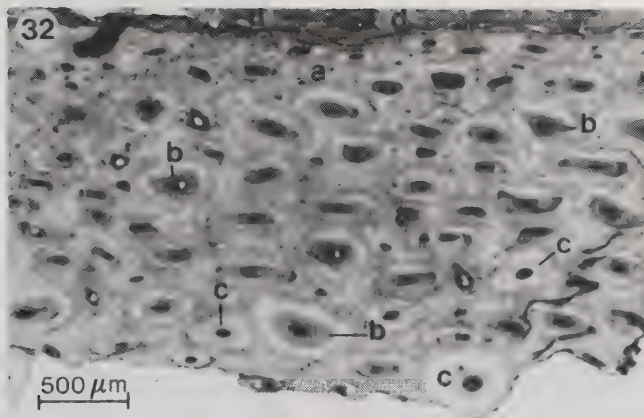


Abb. 32: "Otto", Huf hinten rechts dorsal. Querschnitt durch die Hornprobe vom 13.2. 1985. Zahlreiche Röhrchen mit veränderten Rinden befinden sich im oberflächlichen Bereich des Kronhorns.

a Kronhorn; b Röhrchen mit veränderten, PAS-positiven Rinden; c Röhrchen mit unveränderten Rinden; d Saumhorn.

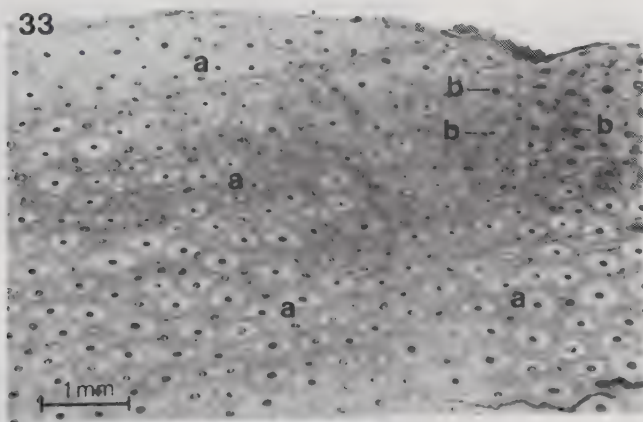


Abb. 33: "Otto", Huf hinten rechts dorsal. Querschnitt durch die Hornprobe vom 14.5. 1986. Der histologische Befund ist besser als bei Versuchsanfang. Die Probe enthält aber noch Röhrchen mit veränderten Rinden, etwa halb so viel wie bei Versuchsanfang.

a unverändertes Kronhorn; b veränderte Röhrchen des Kronhorns mit PAS-positiven Rinden.

Abb. 34: "Otto", Huf vorne links dorsal: Querschnitt durch die Hornprobe vom 13.2. 1985 mit zahlreichen veränderten Röhrchen.

a-d Kronhorn: a veränderte Röhrchen mit PAS-positiven Rinden; b Röhrchen mit Detritus im erweiterten Markraum; c unverändertes Kronhorn; d Oberfläche des Kronhorns.

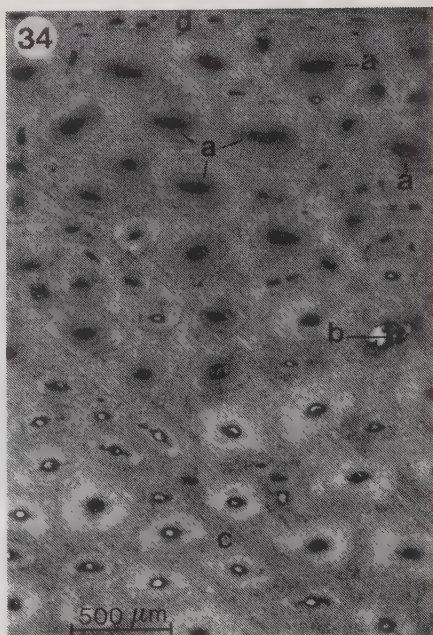


Abb. 35: "Otto", Hornprobe vom Huf vorne links dorsal. Zerrissene Probenhälfte vom 13.2. 1985 im Querschnitt mit mehreren, stark veränderten Röhrchen. Zerreißspannung der Probe nur 1.93 kp/mm². Acrylateinbettung, Hämalaun-Eosin.

a-c Kronhorn: a Röhrchen mit stark erweiterten Markräumen; b unveränderte Röhrchen; c Rissstelle der Probe.

35

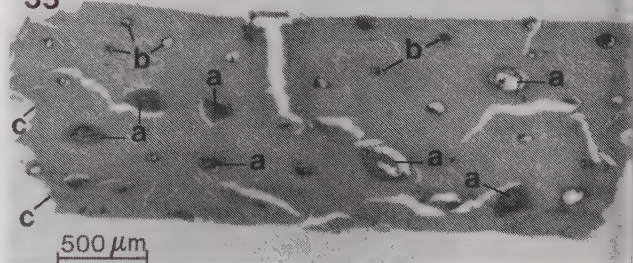


Abb. 36: "Otto", Hornprobe vom Huf vorne links dorsal. Zerrissene Probehälfte vom 14.5. 1986 im Querschnitt. Acrylateinbettung, Alcianblau-PAS. Die Zerreißspannung der Probe ist mit 5.73 kp/mm² dreimal so hoch wie am 13.2. 1985, hat aber der Normalbereich von > 6 kp/mm² noch nicht erreicht.

a-c Kronhorn: a unveränderte Röhrchen mit heller Rinde; b drei veränderte Röhrchen mit PAS-positiver Rinde; c Rissstelle der Probe.

36

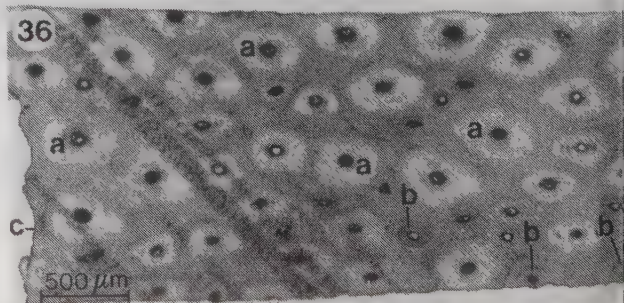




Abb. 37-47: Pferd "Nils", Belgier, unbehandeltes Kontroll-
tier.

Abb. 37: Aufnahme am 2.7. 1986.

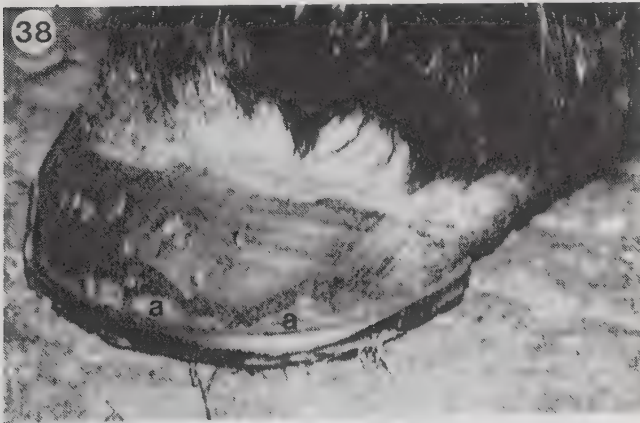


Abb. 38: "Nils", Huf vorne links lateral am 23.1. 1985 mit
Ausbrüchen (a) am Tragrand.

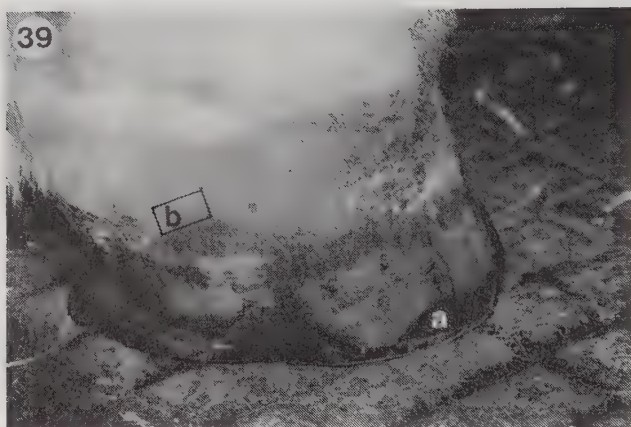


Abb. 39: "Nils", Huf hinten rechts lateral am 23.1. 1985 mit Ausbruch (a) am Tragrand und eingezeichneter Stelle (b) der am 13.2. 1985 entnommenen lateralen Hornprobe.

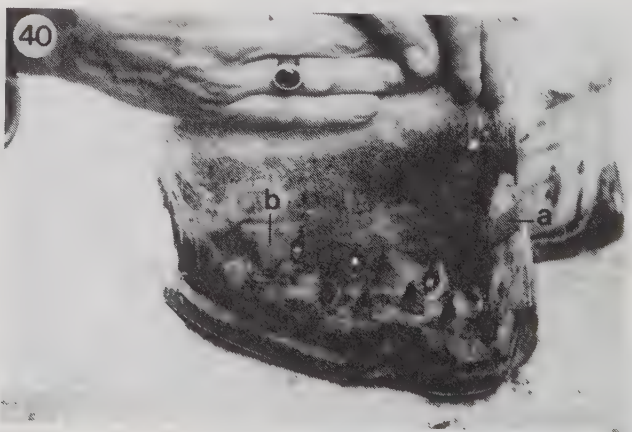


Abb. 40: "Nils", Huf hinten rechts lateral am 11.6. 1986 mit unversehrtem Tragrand und verschlossenen Entnahmestellen der Hornproben vom 14.5. 1986.

a Entnahmestelle der dorsalen, b der lateralen Hornprobe.

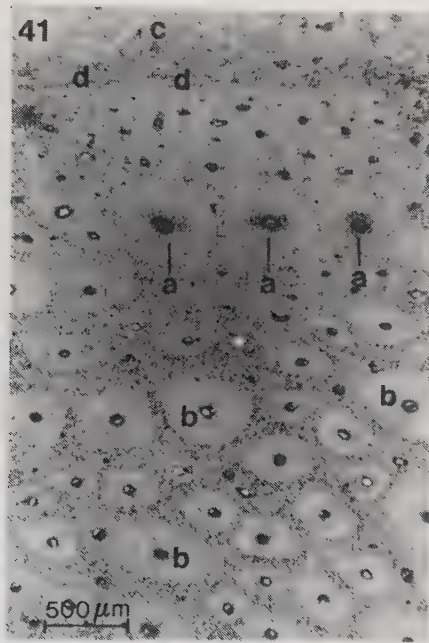


Abb. 41: "Nils", Huf vorne links dorsal. Querschnitt durch die Hornprobe vom 13.2. 1985 mit drei veränderten Röhrchen (a) im Bild.

a-b Kronhorn: a veränderte Röhrchen mit PAS-positiven Rinden; b unveränderte Röhrchen; c Saumhorn; d Grenze Saumhorn-Kronhorn.

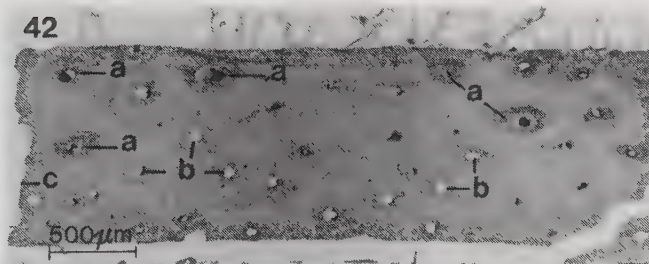


Abb. 42: "Nils", Hornprobe vom Huf vorne links dorsal. Zerrissene Probenhälfte vom 13.2. 1985 im Querschnitt mit fünf, mässig veränderten Röhrchen. Acrylateinbettung, Hämalaun-Eosin.

Zerreissspannung der Probe: 5.37 kp/mm^2 .

a-c Kronhorn: a veränderte Röhrchen mit leicht erweiterten Markräumen; b unveränderte Röhrchen; c Rissstelle der Probe.

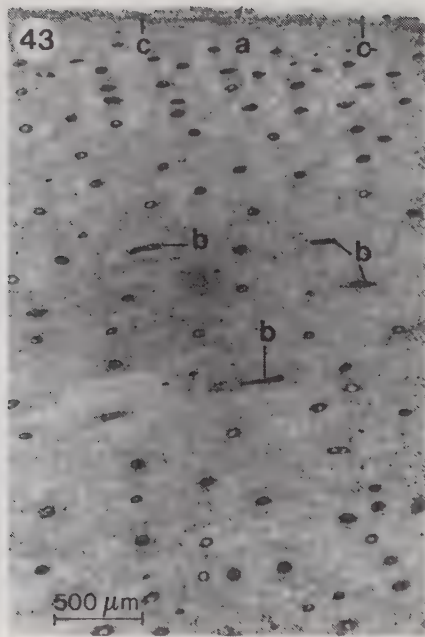


Abb. 43: "Nils", Huf vorne links lateral. Hornprobe vom 13.2. 1985 im Querschnitt. Histologisch unverändertes Kronhorn mit zahlreichen Röhrchen pro Flächeneinheit schon bei Versuchsanfang. Das Herabwachsen eines solchen unveränderten Hornes kann später ohne Behandlung zu einer Besserung des Tragrandbereiches führen. Der klinische Befund der Hufe dieses Pferdes war im Herbst 1985 wesentlich besser als bei Versuchsanfang.

a oberflächliches Kronhorn; b vereinzelte schräg verlaufende Röhrchen des Kronhorns mit engem Markraum; c wenig Saumhorn.

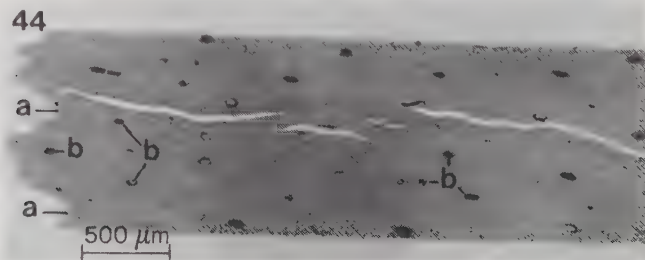


Abb. 44: "Nils", Hornprobe vom Huf vorne links lateral. Zerrissene Probenhälfte vom 13.2. 1985 im Querschnitt. Histologisch unverändertes Kronhorn mit einer hohen Zerreißspannung von 7.27 kp/mm^2 . Acrylateinbettung, Alcianblau-PAS.

a Rissstelle der Probe; b enge Markräume von unveränderten Hornröhrchen.

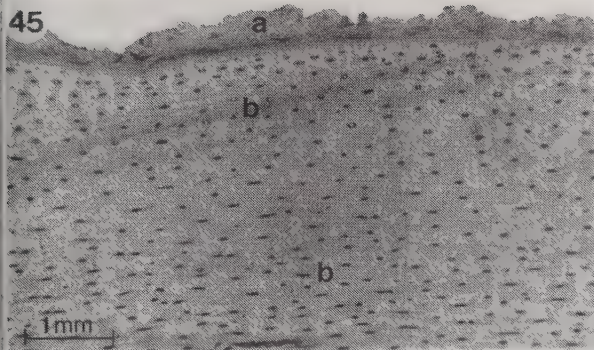


Abb. 45-47: "Nils", Huf
hinten rechts lateral.

Abb. 45: Querschnitt durch die histologisch unveränderte Hornprobe vom 13.2. 1985, die wie üblich 4 cm distal vom Kronrand entnommen wurde. Nach Distalwachsen des Horns aus diesem Bereich wurde im Herbst 1985 eine Selbstheilung des noch im Sommer 1985 stark ausgebrochenen Tragrandes beobachtet.

a Saumhorn; b unverändertes Kronhorn.

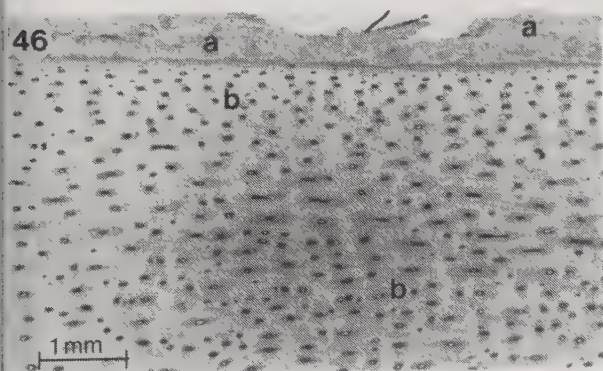


Abb. 46: Querschnitt durch die histologisch unveränderte Hornprobe vom 14.5. 1986.

a Saumhorn; b unverändertes Kronhorn.

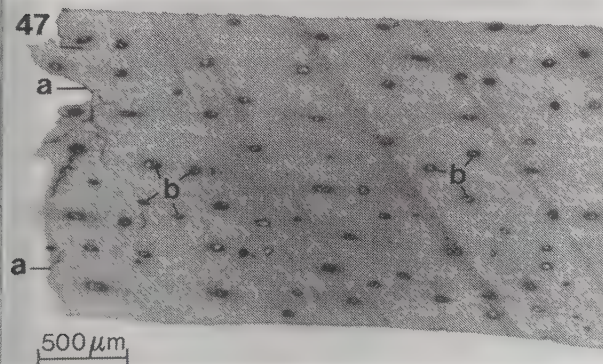


Abb. 47: Querschnitt durch die zerrissene Probenhälfte vom 14.5. 1986. Die histologisch unveränderte Hornprobe hatte die hohe Zerreißspannung von 7.9 kp/mm^2 . Acrylateinbettung, Alcianblau-PAS.

a-b Kronhorn: a Rissstelle der Probe; b enge Markräume von unveränderten Röhrchen.

VIII DANKSAGUNG

Meinen herzlichen Dank möchte ich aussprechen:

Herrn Prof. Dr. J. Frewein für die Ueberlassung des Themas, die unverzügliche Ueberprüfung dieser Arbeit und die Korrektur des Manuskriptes.

Herrn Prof. Dr. A. Müller für die Uebernahme des Korreferates.

Den Herren Dr. J. Schulze, Dr. L. Völker, Dr. K. Strub und Dr. F. Tagwerker, Hoffmann-La Roche, Basel, für die fachliche und finanzielle Förderung dieser Untersuchung.¹

Herrn Dr. H. Geyer für die jederzeit gewährte Hilfe bei der Durchführung dieser Arbeit und bei der Ueberarbeitung des Manuskriptes.

Herrn Dr. Th. Stohler für seine Beratung in klinischen Fragen und seine Mithilfe bei der Auswahl der Betriebe.

Herrn Dr. H. Niggli und der Brauerei Hürlimann, Zürich sowie der Brauerei Eichhof, Luzern, für das entgegengebrachte Vertrauen und die Bereitschaft, ihre Pferde zur Verfügung zu stellen. Den Mitarbeitern der Brauerei Hürlimann, Herrn H. Heusser, Herrn H. Bieri, Herrn A. Kuhn, Herrn Grab und Herrn Roth sowie Herrn H. Faesi von der Brauerei Eichhof für alle Hilfe und die gute Zusammenarbeit bei der Durchführung der Versuche.

Herrn und Frau Dr. G. und B. Baradun, Flims sowie Frau C. Zimmermann und Frau Domenig, Chur für die Ueberlassung ihrer Pferde und ihre Mitarbeit im Versuch.

Frau K. Brunner, Frau B. Keller, Herrn S. Braun und Herrn A. Bannwart für ihre Mithilfe im Stall.

Herrn Dr. V. Esslinger und Herrn P. Wiget von der EMPA in Dübendorf für ihre wertvolle Durchführung der physikalischen Untersuchungen.

Herrn Dr. E. Eggenberger für die Beratung bei der Auswertung des Versuchs.

Herrn R. Bertolla, Hufschmied am Tierspital Zürich, für seine stetige Hilfe bei der Klärung verschiedenster Fachfragen zum Thema Huf.

Frau E. Garbely für die Vorbereitung der Blutproben zur Biotinbestimmung.

Frau J. Engeler, Hoffmann-La Roche, Basel, für die Durchführung der Biotinbestimmungen.

Frau U. Färber und Frau A. Hultegger für die histologischen Laborarbeiten.

Frau S. Pletscher für die sorgfältige Anfertigung der Grafik.

Frau A. Hug für die fotografischen Arbeiten.

Frau M. Balushev für die Reinschrift des Textes.

Allen, die sonst irgendwie zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere Herrn Dr. H. Augsburg für die Möglichkeit, in seinem Büro arbeiten zu dürfen und Frau V. Vetsch für die Bereitstellung ihres Büros.

¹ Die Arbeit wurde in dankenswerter Weise von der Firma Hoffmann-La Roche, Basel finanziert.

IX. LEBENSLAUF

Name	Leu Ursula
Heimatort	Opfikon ZH / Rohrbachgraben BE
Geboren	7. April 1956
Eltern	Ernst und Margrit Leu-Kägi
Ausbildung	1963-1969 Primarschule Glattbrugg
	1970-1972 Sekundarschule Glattbrugg
	1972-1977 Mathematisch-Naturwissenschaftliches Gymnasium an den Kantonschulen Oerlikon und Zürcher Unterland mit Matura Typ C
	1977-1982 Studium der Veterinärmedizin an der Uni- versität Zürich
	1982 Staatsexamen
	1983 Vollpraktikum an der Veterinary School of Melbourne
	1983-1984 Stellvertretungen in Gemischtpraxen. Assistentin an der Veterinär-Chirurg- ischen und Veterinär-Medizinischen Klinik der Universität Zürich
	1985-1986 Arbeit an der vorliegenden Arbeit Teilzeitassistentin in Gemischtpraxen

